

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO
SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR -
JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**ESTUDIO DE PROPIEDADES ACÚSTICAS DE LOS RECINTOS DE LA SEDE
JOSÉ MIGUEL CARRERA Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
SOLUCIONES.**

Trabajo de Titulación
para optar al Título de
Ingeniero en
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumna:

Belén Gallardo Herrera

Profesora Guía:

Eduardo Vidal Páez

2024

Dedicatoria

A mi querido Hernán, por ser mi apoyo y mi inspiración en cada momento de mi vida. Tu amor y dedicación me han permitido alcanzar mis metas y superar mis limitaciones.

A mi hermano mayor Javier, por ser mi compañero y mi amigo desde mi infancia. Tu presencia en mi vida es un recordatorio de la importancia de la familia. Y agradezco el regalo más grande que me diste, a mi sobrina Amapola.

A mis colegas de trabajo de ABI Ingeniería Acústica, en especial a Milton por su apoyo que me ha brindado en esta tesis.

A mis papás, por su amor y dedicación han sido la base de mi crecimiento y mi desarrollo como persona.

Y a mi profesor Guía Eduardo Vidal, por su orientación y apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Estoy agradecida por la oportunidad de dedicar esta tesis a las personas que han sido más importantes en mi vida. Esta dedicatoria es un homenaje a su amor, apoyo y dedicación.

RESUMEN

La tesis titulada "Estudio de Propiedades Acústicas de los Recintos de la Sede José Miguel Carrera y Propuesta de Implementación de Soluciones", en la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del Mar, aborda la problemática del ruido en entornos educativos. El objetivo principal es evaluar los niveles de inmisión, emisión y niveles de reverberación de ruido en diversas áreas del campus, incluyendo las salas G-201, G-202, el taller de mecánica y las salas de lectura D-102 y D-204, y proponer medidas de mitigación efectivas.

A través de mediciones de los niveles de ruido y reverberación, se identifican deficiencias en la calidad acústica de los recintos, que pueden afectar la concentración y el bienestar de los estudiantes y el personal académico. La investigación propone soluciones prácticas, como el uso de materiales acústicos específicos, para mejorar la acústica de los espacios evaluados.

La tesis se estructura en varios capítulos que abordan desde los fundamentos teóricos de la acústica hasta la propuesta de intervenciones concretas. Se concluye que las medidas implementadas no solo contribuyen a un ambiente de aprendizaje más adecuado, sino que también promueven la salud y el bienestar de la comunidad universitaria. En resumen, la presente tesis proporciona un diagnóstico claro de la situación acústica en la Universidad Técnica Federico Santa María y ofrece recomendaciones valiosas para mejorar la calidad de vida en el campus.

Palabras Clave

Acústica, Ruido, Entornos educativos, Niveles de inmisión y emisión, Reverberación, Mediciones acústicas, Calidad acústica, Soluciones acústicas, Materiales acústicos.

ÍNDICE

Dedicatoria 7

RESUMEN..... 8

SIGLA Y SIMBOLOGÍA..... 8

1. INTRODUCCIÓN..... 7

1.1 OBJETIVOS..... 8

1.1.1 Objetivo general 8

1.1.2 Objetivos específicos 8

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES 10

1.2 FUNDAMENTOS DE LA ACÚSTICA 12

1.2.1 Introducción a los conceptos básicos de la acústica 12

1.2.2 Propagación del sonido 12

1.2.3 Niveles de presión sonora y frecuencia 13

1.3 NORMATIVAS..... 15

1.4 EFECTOS DEL RUIDO EN AMBIENTES EDUCATIVOS 16

1.4.1 Propagación del ruido en ambientes cerrados 17

1.5 TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES PARA EL CONTROL ACÚSTICO 19

1.5.1 Absorción acústica 19

1.5.2 Aislamiento Acústico..... 20

1.6 PROBLEMÁTICA..... 22

2 CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE RUIDO EN SALAS, TALLER Y BIBLIOTECA 25

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS SALAS EDIFICIO G, TALLER DE MECÁNICA Y SALAS DE LECTURA DE LA BIBLIOTECA..... 27

2.1.1 Sala de clases Edificio G (G-201, G-202)..... 27

2.1.2 Taller de Mecánica..... 30

2.1.3 Biblioteca, Sala de lectura D-102 y D-204. 32

2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIONES 35

2.2.1 Especificaciones Técnicas del Procedimiento de Medición..... 36

2.2.2 Procedimiento de Medición de Aislación Acústica 36

2.3 RESULTADO DE MEDICIONES 37

ULTADO DE MEDICIONES..... 37

3 CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y ANÁLISIS ACÚSTICO DE LOS RECINTOS..... 40

3.1	CÁLCULOS.....	42
3.1.1	Caracterización de los Recintos	42
3.1.2	Cálculo del Tiempo de Reverberación (T)	44
3.1.3	Cálculo Aislación Acústica (Rw)	49
4	CAPÍTULO 4: SOLUCIONES ACUSTICAS Y CONCLUSIONES.....	54
4.1	SOLUCIONES ACUSTICAS.....	56
4.1.1	Tratamiento Acústico Sala G-201	56
4.1.2	Tratamiento Acústico Taller de Mecánica	62
4.1.3	Tratamiento Acústico Biblioteca, Sala de Lectura D.....	73
4.2	CONCLUSIÓN.....	79
5.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	81
6.	ANEXOS	83

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.2.3-1:	Nivel de presión de sonido	13
Figura 1.2.3-2:	Curvas de ponderación de frecuencia - 'A', 'C' y 'Z'	15
Figura 1.2.3-1.	Salud y Niveles de Ruido	17
Figura 1.4.1-1.	Propagación del sonido.....	18
Figura 1.4.1-2.	sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante	19
Figura 1.5.1-1.	Absorción de ruido incidente	20
Figura 1.5.2-1.	Aislante multicapa	21
Figura 1.5.2-2.	Resonadores	22
Figura 2.1.1-1.	Vista del exterior de la sala G-201	29
Figura 2.1.1-2:	Vista frontal de la sala G-201.....	29
Figura 2.1.2-1:	Vista desde dentro del taller de mecánica	31
Figura 2.1.3-1:	Vista desde dentro de sala de lectura D-102	33
Figura 2.1.3-2:	Vista desde dentro de sala de lectura D-204	35
Figura 4.1.1-1:	Presentación de solución aplicada con paneles Sonoglass Sala G-201	57
Figura 4.1.1-2:	Panel Sonoglass Panel Velo Negro	58
Figura 4.1.2-1:	Cielo de taller de mecánica, situación actual.	63
Figura 4.1.2-2:	Presentación de solución aplicada con Baffles Sonoflex, cielo de taller de mecánica.....	63
Figura 4.1.2-3:	Ejemplo de Panel Sandwich de terciado.....	64
Figura 4.1.2-4:	Muro este taller de mecánica, situación actual.....	65

Figura 4.1.2-5: Presentación de solución aplicada con Panel Sandwich de terciado, muro este.....	66
Figura 4.1.2-6: Muro oeste taller de mecánica, situación actual.....	66
Figura 4.1.2-7: Presentación de solución aplicada con Panel Sandwich de terciado, muro oeste.	67
Figura 4.1.2-8: <i>Lana Mineral Rollo Libre</i>	67
Figura 4.1.2-9: Especificaciones técnicas de construcción de Panel Sandwich Terciado con lana mineral.....	68
Figura 4.1.2-10: Coeficiente de absorción de Panel Sandwich Terciado con lana mineral.....	68
Figura 4.1.3-1: Situación actual sala lectura D-102.....	74
Figura 4.1.3-2: Presentación de solución aplicada con Sonoglass, sala lectura D-102	74
Figura 4.1.3-3: Situación actual sala lectura D-204	75
Figura 4.1.3-4: Presentación de solución aplicada con Sonoglass, sala lectura D-204	76

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.2.3-1 Normativas implementadas en estudio.	16
Tabla 2.1.1-1: Características Sala G-201.....	29
Tabla 2.1.1-2: Características Sala G-202.....	30
Tabla 2.1.2-1: Características Taller de Mecánica.....	32
Tabla 2.1.3-1: Características Sala de Lectura D-102	34
Tabla 2.1.3-2: Características Sala de Lectura D-204	35
Tabla 2.1.3-1: Elementos de recintos a evaluar.	36
Tabla 0-1: Resultado medición sala G-201. Emisión.	37
Tabla 0-2 Resultado medición sala G-202. Emisión.	37
Tabla 0-3 Resultado medición Taller de Mecánica.....	38
Tabla 0-4 Resultado medición Taller de Mecánica.....	38
Tabla 0-5 Resultado medición Taller de Mecánica, Puerta.....	38
Tabla 3.1.1-1 Cálculos áreas Sala G-201.	42
Tabla 3.1.1-2 Cálculos áreas Taller de Mecánica.	43
Tabla 3.1.1-3 Cálculos áreas Sala Lectura D-102.	43
Tabla 3.1.1-4 Cálculos áreas Sala Lectura D-204.	44
Tabla 3.1.1-5 Cálculos áreas Módulos en Sala Lectura D-204.	44
Tabla 3.1.2-1 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala	

G-201.	45
Tabla 3.1.2-2 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Taller de Mecánica.....	46
Tabla 3.1.2-3 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-102.....	47
Tabla 3.1.2-4 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-204.....	48
Tabla 3.1.2-5 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Módulos en Sala Lectura D-204.	49
Tabla 3.1.3-1: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora R_w para Muro Divisorio Sala G201-G202.....	51
Tabla 3.1.3-2: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora R_w para Muro Divisorio Sala G201-G202 con Solución Acústica.....	51
Tabla 3.1.3-3: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora R_w para Muro Divisorio Taller de Mecánica /Pasillo.	52
Tabla 3.1.3-4: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora R_w para Muro Divisorio Taller de Mecánica /Pasillo con Solución Acústica	52
Tabla 4.1.1-1 : Especificaciones técnicas de Sonoglass Panel Velo Negro.	58
Tabla 4.1.1-2 : Tabla de Costos para Tratamiento Acústico en la Sala G-201.....	59
Tabla 4.1.1-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w G-201/G-202.	60
Tabla 4.1.1-4: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w G-201/G-202, con Solución.	61
Tabla 4.1.2-1 : Especificaciones técnicas de Baffles Sonoflex.....	64
Tabla 4.1.2-2: Especificaciones técnicas Lana Mineral Rollo Libre.	67
Tabla 4.1.2-3: Tabla de Costos para Tratamiento Acústico Taller de Mecánica.	69
Tabla 4.1.2-4: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w Taller de Mecánica.	70
Tabla 4.1.2-5: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w Taller de Mecánica, con Solución.	71
Tabla 4.1.3-1: Tabla de Costos para Tratamiento Acústico Biblioteca.....	77

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 3.1.2-1:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala G-201.	45
Gráfico 3.1.2-2:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Taller Mecánica.	46
Gráfico 3.1.2-3:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-102.	47
Gráfico 3.1.2-4:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura	

D-204. 48

Gráfico 3.1.2-5:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Módulos en Sala Lectura D-204. 49

Gráfico 4.1.1-1:Absorción Sonora Sonoglass Panel Velo Negro. 58

Gráfico 4.1.1-2: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w G-201/G-202. 60

Gráfico 4.1.1-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w G-201/G-202, con Solución. 61

Gráfico 4.1.2-1:Absorción Sonora Baffles Sonoflex..... 64

Gráfico 4.1.2-2: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w Taller de Mecánica, con Solución. 70

Gráfico 4.1.2-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora R_w Taller de Mecánica, con Solución. 71

ÍNDICE PLANOS

Plano 2.1.1-1:Plano sala G-201 y G-202 28

Plano 2.1.2-1: Plano sector taller de mecánica 31

Plano 2.1.3-1: Sala de lectura D-102 33

Plano 2.1.3-2: Sala de lectura D-204 34

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

SPL: Nivel de Presión Sonora

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

DIN: Instituto Alemán de Normalización

NF: Norma Francesa

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

INN: Instituto Nacional de Normalización

D.S.: Decreto Supremo

NF: Association Francaise de Normalisation

ISO: International Standard Organization

MEM: Memoria sonómetro

Rw: Índice de Reducción Sonora Ponderado.

T: Tiempo de Reverberación.

A: Área de Absorción Acústica Total.

S: Área de la Superficie a través de la cual se mide la transmisión del sonido.

Si: Área de cada superficie.

α_i : Coeficiente de absorción acústica de cada material.

dB: Decibelios.

SIMBOLOGIA

Leq: Nivel de Exposición Sonora Equivalente

Lmax: Nivel de Sonido Máximo

Lmin: Nivel de Sonido Mínimo

Lz: Nivel de Exposición Sonora con ponderación 'Z'

dBA: Decibeles A

Ei: Energía inicial

Er: Energía reflejada

Ea: Energía absorbida

Et: Energía transmitida

m: Metro

m²: Metro cuadro

m³: Metro cubico

V: Volumen del recinto en metros cúbicos (m³).

A: Superficie de Absorción Equivalente en metros cuadrados (m^2).

D: Diferencia de niveles de presión sonora entre dos recintos (dB).

$10 \log (S/A)$: Cálculo del efecto de la relación entre el área de la superficie y el área de absorción acústica en la reducción del sonido.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido es un factor ambiental omnipresente que afecta significativamente la calidad de vida de las personas en entornos urbanos y, por extensión, en los espacios educativos. Las universidades, como centros de aprendizaje y desarrollo intelectual, no son ajenas a este desafío. La Universidad Santa María, sede Viña del Mar, no es una excepción a este problema creciente. El ruido excesivo en el campus universitario puede perturbar las actividades académicas, deteriorar la salud de estudiantes y personal, y afectar la concentración en la búsqueda de conocimiento.

Esta tesis tiene como objetivo principal evaluar la inmisión de ruido en la Universidad Santa María, sede Viña del Mar, con un enfoque particular en la implementación de medidas de mitigación. La gestión de ruido en un entorno educativo no se limita a la reducción de los niveles de decibeles, sino que también involucra el diseño e implementación de soluciones sostenibles que promuevan un ambiente propicio para el aprendizaje y el bienestar.

A medida que el ruido se ha convertido en un problema recurrente en este campus universitario, esta tesis se propone determinar las fuentes de ruido, medir los niveles actuales de exposición al ruido y proponer estrategias de mitigación que se integren en el proceso de mantenimiento de las instalaciones. La implementación de estas medidas contribuirá a la creación de un entorno más favorable para el aprendizaje, el desarrollo de investigaciones y la calidad de vida de la comunidad universitaria.

El presente trabajo está estructurado en diferentes capítulos que abarcan desde la revisión de la literatura relacionada con el impacto del ruido en el ámbito educativo, hasta la propuesta de medidas concretas de mitigación que consideren no solo la disminución de la exposición al ruido, sino también la sostenibilidad y eficiencia de las soluciones.

A medida que avanzamos en esta investigación, se espera contribuir a la comprensión de los desafíos del ruido en el entorno universitario y proporcionar recomendaciones concretas que permitan a la Universidad Santa María, sede Viña del Mar, avanzar hacia un campus más armonioso y propicio para el aprendizaje.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Implementar un plan integral de mitigación del ruido, enfocado en la identificación de los niveles de reverberación e índice de reducción sonora, con el objetivo de reducir los niveles de ruido y mejorar la calidad acústica de los recintos mediante la evaluación de dichos parámetros. Esto permitirá desarrollar estrategias adecuadas para optimizar las condiciones acústicas en los recintos del campus y promover un ambiente propicio para el aprendizaje y la investigación, mejorando así la calidad de vida y el bienestar de la comunidad académica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Medir los niveles de inmisión y emisión de ruido en las Salas G-201, G-202 y taller de mecánica, utilizando instrumentos de medición de ruido estandarizados, para establecer las propiedades acústicas de los recintos especificados.
- Calcular los niveles de reverberación y el índice de reducción sonora en el campus universitario de la Universidad Santa María, sede Viña del Mar, asociadas a las salas de Edificio G G-201 y G-202, Salas de Lectura de Biblioteca D-102 y D-204 y Taller de Mecánica.
- Analizar las propiedades acústicas de cada recinto de acuerdo con las normativas de referencia, para así determinar qué tipo de solución se debe implementar en cada sala para mejorar la aislación acústica y la inteligibilidad de las palabras.
- Proponer un conjunto de medidas específicas de mitigación de ruido para mejorar la calidad acústica de los recintos en estudio mediante la intervención en el diseño arquitectónico y la selección de materiales con énfasis en soluciones de bajo costo y eficaces.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.2 **FUNDAMENTOS DE LA ACÚSTICA**

La acústica es un campo interdisciplinario que estudia el comportamiento del sonido en relación con su origen y propagación a través de diferentes medios. Este capítulo se centra en establecer los fundamentos teóricos y prácticos que permiten comprender cómo el sonido interactúa con el entorno.

1.2.1 Introducción a los conceptos básicos de la acústica

El estudio de la acústica abarca múltiples aspectos, desde la física de las ondas sonoras hasta la psicoacústica, que explora cómo el cerebro humano interpreta y procesa los estímulos auditivos. Comprender los conceptos básicos de la acústica es esencial para aplicaciones tan diversas como el diseño de espacios arquitectónicos, la ingeniería de audio, la medicina diagnóstica por ultrasonido y la mitigación del ruido ambiental.

La acústica comienza por definir qué es el sonido y cómo se produce. El sonido es una onda mecánica producida por la vibración de partículas o moléculas, que se propaga a través de un medio (aire, agua, tierra) hasta ser percibido por el oído humano. Los elementos fundamentales del sonido incluyen:

- A. Frecuencia: La cantidad de oscilaciones de una onda sonora por segundo, medida en hertzios (Hz). La frecuencia determina la percepción de tono en el sonido.
- B. Amplitud: La magnitud de las oscilaciones de la onda sonora, relacionada con el volumen percibido del sonido.
- C. Velocidad de propagación: La rapidez con la que se mueve el sonido a través de un medio, influenciada por factores como la temperatura y la densidad del aire. [1]

1.2.2 Propagación del sonido

La propagación del sonido se refiere al movimiento de las ondas sonoras a través de diferentes medios, como el aire, el agua y los sólidos. Este proceso es fundamental para entender cómo percibimos el sonido en diferentes entornos y situaciones. Las ondas sonoras se generan cuando una fuente vibra y transfiere energía al medio circundante en forma de fluctuaciones de presión.

Durante la propagación, el sonido puede experimentar diversos fenómenos físicos que afectan su trayectoria y cómo lo percibimos. La reflexión ocurre cuando las ondas sonoras chocan con una superficie y se reflejan de vuelta hacia la fuente o hacia otra

dirección. La refracción se produce cuando el sonido cambia de dirección al pasar de un medio a otro con diferente velocidad de propagación, como ocurre al pasar del aire al agua.

Además, la difracción permite que el sonido se curve alrededor de obstáculos, lo que puede ser crucial para la audición en entornos urbanos o en la naturaleza. Estos fenómenos no solo son importantes en la física fundamental del sonido, sino que también tienen aplicaciones prácticas en el diseño de sistemas de sonido, la ingeniería de comunicaciones y la acústica ambiental.

La propagación del sonido implica cómo las ondas sonoras se desplazan desde su fuente hacia el oyente. Este proceso depende de varios factores, incluyendo:

- A. Medio de propagación: Diferentes medios (aire, agua, sólidos) transmiten sonido de manera distinta debido a sus propiedades físicas.
 - B. Distancia y ángulo de incidencia: La distancia entre la fuente de sonido y el receptor afecta la intensidad percibida, así como el ángulo desde el cual se recibe el sonido.
 - C. Atenuación: La disminución de la intensidad del sonido a medida que se aleja de la fuente, causada principalmente por la absorción y reflexión del sonido.
- [2]

1.2.3 Niveles de presión sonora y frecuencia

La intensidad del sonido se mide en términos de niveles de presión sonora, expresados en decibeles (dB) (Figura 1.2.3-1). Estos niveles son cruciales para determinar el impacto del sonido en los seres humanos y en el medio ambiente. La frecuencia juega un papel crucial en la clasificación y percepción del sonido. Los humanos pueden oír sonidos dentro de un rango de aproximadamente 50 Hz a 6 kHz. Dentro de este espectro, existen sonidos que podemos identificar fácilmente, como las notas musicales, y otros que percibimos como ruido. [3]

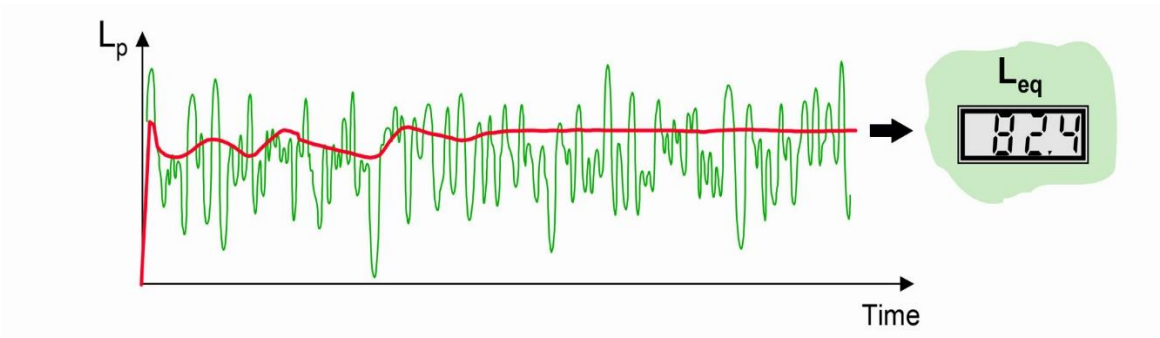


Figura 1.2.3-1: Nivel de presión de sonido
Fuente: bruel & kjaer. (s.f). Parámetros de energía Leq y LAE/SEL | Brüel & Kjær (bksv.com)

En el contexto de la acústica y la medición de ruido, los términos L_{eq} , L_{max} , L_{min} y L_z se refieren a diferentes aspectos de la evaluación del nivel de sonido en un ambiente o durante un evento. Estos términos son fundamentales para entender cómo se mide y se interpreta el ruido en diversas situaciones, especialmente en evaluaciones de ruido ocupacional y ambiental.

- A. Nivel de Exposición Sonora con ponderación 'Z' (L_z): específicamente, L_{Zeq} se refiere al valor medido de L_{eq} con ponderación 'Z'.

El L_z es el nivel de presión sonora ponderado en frecuencia con la curva de ponderación Z, que no aplica ninguna corrección a las frecuencias. La ponderación Z (de "zero") es plana en frecuencia, es decir, no atenúa ni amplifica ninguna banda de frecuencia. Esto significa que el L_z representa el nivel de presión sonora sin filtrar, tal como lo captaría un micrófono.

- B. Filtro de ponderación A: es el filtro más utilizado en la medición del sonido porque representa con precisión cómo percibe el oído humano la intensidad de un sonido.

La ponderación A es una curva de filtrado que se aplica a las mediciones de nivel de presión sonora (SPL) para simular la respuesta de frecuencia del oído humano. El oído humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias del espectro audible, siendo más sensible a las frecuencias entre 500 Hz y 6 kHz. El filtro de ponderación A atenúa las frecuencias bajas y altas para que las mediciones reflejen mejor la percepción subjetiva del sonido por parte del oído.

Las mediciones realizadas con el filtro de ponderación A se expresan en decibeles A, o dBA, y son el indicador más común para evaluar el nivel de ruido ambiental y su impacto en la salud y el bienestar. Este filtro se define en estándares internacionales como la norma IEC 61672, que especifica los requisitos de diseño y tolerancias de los sonómetros

El L_{eq} , L_{min} y L_{max} con ponderación A son métricas fundamentales para caracterizar el nivel de ruido ambiental y su impacto en la salud:

- a) L_{eq} (Nivel Equivalente Continuo): Representa el nivel de sonido promedio durante un período de tiempo específico. Es una medida que integra todos los niveles de sonido presentes durante ese período, ponderándolos según su frecuencia y duración, para obtener un valor equivalente a un nivel de sonido constante. Esta métrica es útil para evaluar la exposición acumulativa al ruido y su impacto potencial en la salud auditiva.
- b) L_{max} (Nivel de Sonido Máximo): Indica el nivel de sonido más alto registrado durante un evento o período de medición. Este valor es crucial para evaluar la exposición al ruido extremo, ya que niveles de sonido muy altos pueden causar daños auditivos temporales o permanentes. La

medición de Lmax ayuda a identificar eventos o condiciones de ruido excepcionales que requieren atención especial.

- c) Lmin (Nivel de Sonido Mínimo): Similar a Lmax, pero representa el nivel de sonido más bajo registrado durante el mismo período de medición. Este valor es importante para entender la variabilidad del ruido en un ambiente, ofreciendo una visión completa de los rangos de sonido presentes. Evaluar tanto Lmax como Lmin permite una mejor comprensión de las fluctuaciones del ruido y su impacto en el entorno. [4]

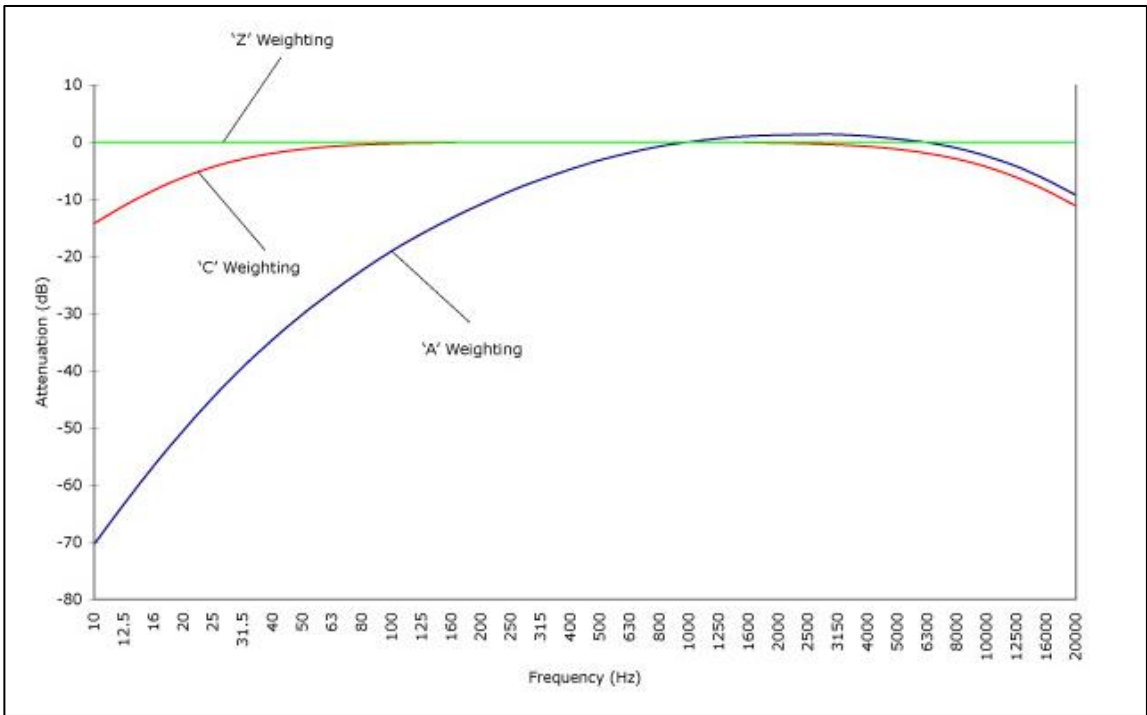


Figura 1.2.3-2: Curvas de ponderación de frecuencia - 'A', 'C' y 'Z'
Fuente: Cirrusresearch. (2012). Cirrus Research, S.L. - ¿Qué son las ponderaciones de frecuencia A, C y Z?

1.3 **NORMATIVAS**

En Chile, la regulación de ruido ambiental está orientada a proteger la salud de la comunidad y el medio ambiente, siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y adaptándolas a las circunstancias locales. (Tabla 1.2.3-1)

Según el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), se define como cualquier sonido que sea calificado, por quien lo recibe, como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable. Este concepto subraya la importancia de considerar la percepción individual del ruido como un factor de contaminación ambientalTabla 1.2.3-1 Normativas implementadas en estudio.

Norma	Descripción
DIN 18041	Recomendaciones para un tiempo de reverberación adecuado
NF S 31-057	“Verification de la qualité acoustique des Batiments” de 1982.
NCh 2785 Of 2003	Acústica - Medición de aislamiento acústico en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos. Ponderado según ISO 717- 2.
NCh 2785 Of 2003	Acústica - Medición de aislación acústica en construcciones y elementos de construcción - Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción. Ponderado según ISO 717- 1.
NCh 2803 Of 2003	Acústica - Verificación de la calidad acústica de las construcciones.
ISO 717-1:2013	Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Modificación 1: Normas de redondeo asociadas con los índices expresados por un único número y con las magnitudes expresadas por un único número.
ISO 717-2:2013	Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
ISO 16283-1:2014	Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
ISO 16283-2:2015	Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto.

Tabla 1.2.3-1 Normativas implementadas en estudio.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia.

1.4 **EFFECTOS DEL RUIDO EN AMBIENTES EDUCATIVOS**

La exposición prolongada al ruido en recintos de estudio puede interferir con la capacidad de los estudiantes para aprender y concentrarse, afectando su rendimiento académico y su bienestar general. Este acápite se enfocará en explorar los efectos del ruido en los ambientes educativos y en discutir posibles soluciones para minimizar su impacto. (Figura 1.2.3-1)

El ruido en los entornos educativos puede actuar como una distracción significativa,

dificultando la concentración y la retención de información. Investigaciones han demostrado que el ruido de fondo reduce la eficacia de la memoria de trabajo, lo que puede llevar a una menor comprensión y recordación de los contenidos educativos. Además, el estrés inducido por el ruido puede aumentar la ansiedad y la fatiga, lo que a su vez puede afectar la motivación y la participación en el proceso de aprendizaje.

[iError! No se encuentra el origen de la referencia.]

SALUD Y NIVELES DE RUIDO

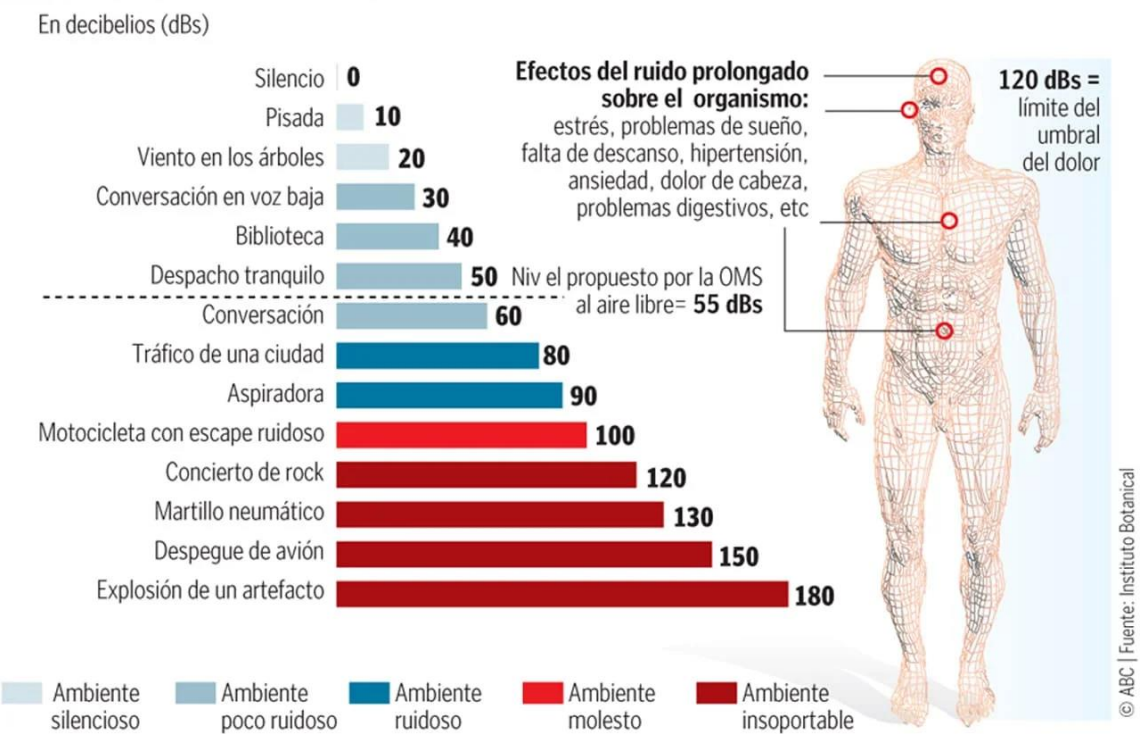


Figura 1.2.3-1. Salud y Niveles de Ruido

Fuente: (s.f).International Acoustic. Intensidad Acústica y Percepción del Sonido – Artículo Blog (internationalacoustic.com)

Además de los efectos directos en el rendimiento académico, el ruido en los ambientes educativos también puede tener repercusiones en la salud mental y física de los estudiantes y el personal docente. La exposición continua al ruido puede provocar síntomas de estrés postraumático, insomnio, dolores de cabeza y problemas de audición. En el caso del personal docente, el ruido excesivo puede generar agotamiento laboral y deterioro de la salud mental, lo que finalmente puede afectar la calidad de la enseñanza.

1.4.1 Propagación del ruido en ambientes cerrados

La propagación del sonido en un recinto cerrado es un fenómeno complejo influenciado por diversas variables acústicas y geométricas del espacio. Estos

fenómenos pueden ser reflexión, absorción y reverberación. (Figura 1.4.1-2)

La energía emitida por una fuente de ruido en un recinto cerrado llega al oyente de dos maneras: sonido directo, que es aquel que recorre una trayectoria en línea recta entre la fuente emisora y el oyente, y el sonido reflejado, que es el que alcanza al oyente después de realizar reflexiones sobre las superficies del recinto.

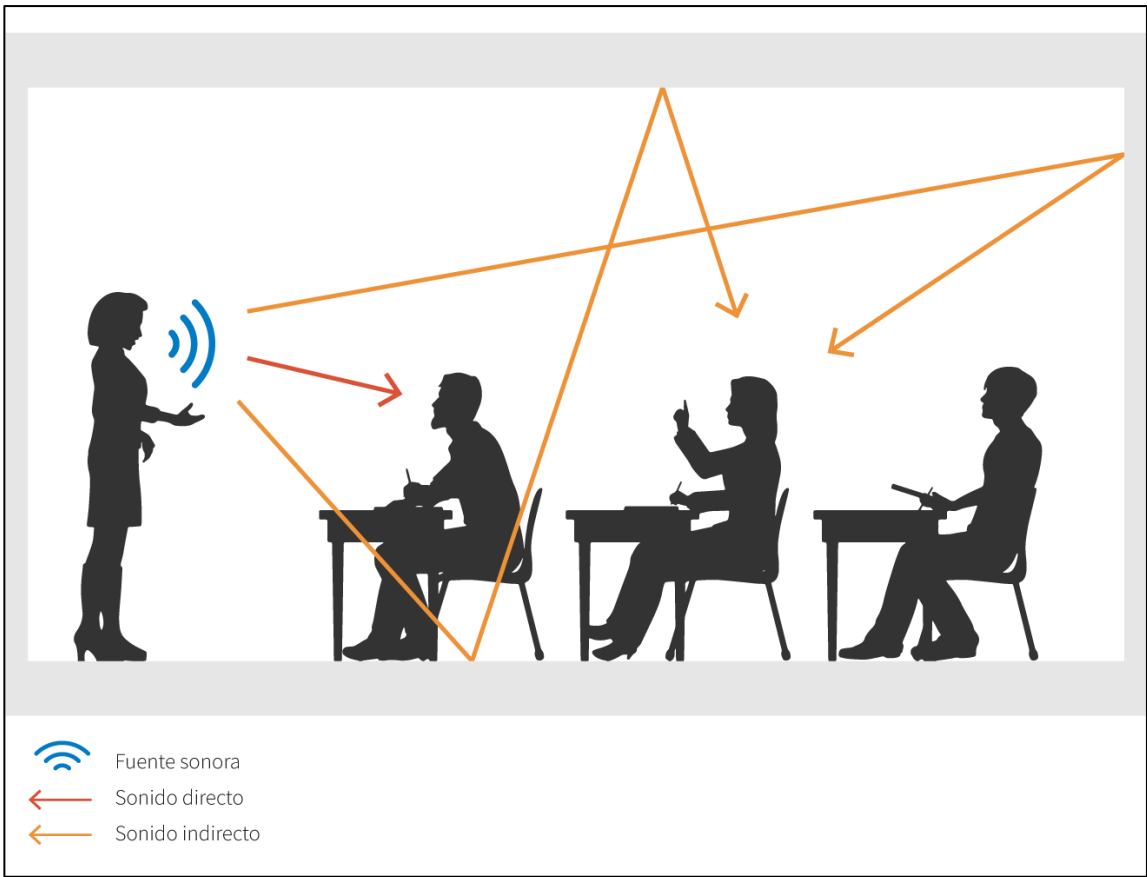


Figura 1.4.1-1. Propagación del sonido

Fuente: (s.f). Soprema. Aislamiento acústico para viviendas y edificaciones - Soprema

- A. Reflexión: Las ondas sonoras que impactan en las superficies dentro del recinto pueden ser reflejadas de vuelta al ambiente. La cantidad y el tipo de materiales de las superficies pueden afectar la absorción o reflexión del sonido, alterando así la distribución del sonido en el espacio.
- B. Esta reflexión puede causar eco si el sonido se refleja repetidamente entre varias superficies, como paredes, techos, ventanas y suelos. (Figura 1.4.1-2)
- C. Absorción: Algunos materiales presentes en el recinto pueden absorber parte de la energía sonora, afectando también a la propagación del sonido. Esto ayuda a reducir la cantidad de sonido que se refleja en el espacio, disminuyendo la reverberación y mejorando la claridad del sonido.
- D. Reverberación: fenómeno por el cual el sonido se refleja repetidamente en un espacio cerrado, creando un eco. Es un aspecto crítico de la acústica de sala, ya que puede afectar la claridad del sonido y la percepción de la calidad

acústica. Una reverberación excesiva afecta la claridad y la inteligibilidad del sonido, especialmente en entornos que necesitan de una buena acústica.

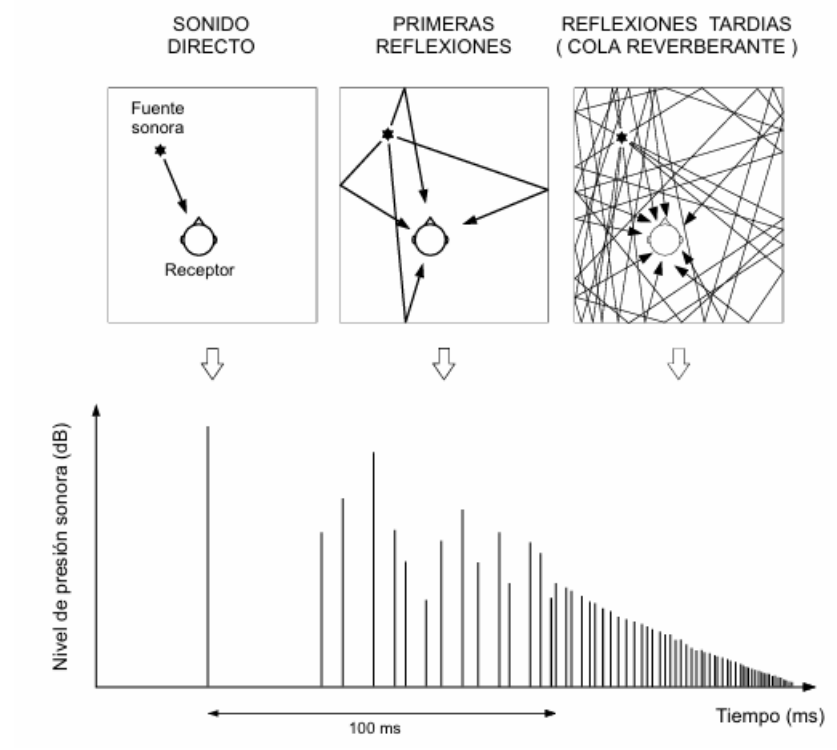


Figura 1.4.1-2. sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante
Fuente: Carrión, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Ediciones UPC

1.5 TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES PARA EL CONTROL ACÚSTICO

La tecnología y las soluciones para el control acústico han avanzado significativamente a través de los años, ofreciendo herramientas y metodologías para mitigar los efectos negativos del ruido y mejorar la calidad acústica en diversos espacios.

1.5.1 Absorción acústica

La absorción acústica es la capacidad de los materiales para absorber una parte de la energía de las ondas sonoras cuando estas inciden sobre ellos, reduciendo así la cantidad de energía sonora que es reflejada por el material, dependiendo de la porosidad de la superficie de este. Los poros hacen que la energía sonora quede atrapada en ellos, convirtiéndose en energía calorífica, transmitida a otras dependencias o reflejada. La cantidad de energía convertida en calor depende de las

propiedades absorbentes del sonido del material. Cuanto mayor sea la capacidad absorbente de los materiales del espacio, mayor será la absorción de este y la propagación del sonido por el espacio se verá disminuida

En la siguiente imagen (Figura 1.5.1-1) se muestra como la energía inicial (E_i) choca con una superficie y se divide en tres energías: la energía reflejada (E_r) en la superficie, la energía absorbida por el material (E_a) y la energía transmitida a través de este (E_t). De esta manera, se cumple la siguiente fórmula:

$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

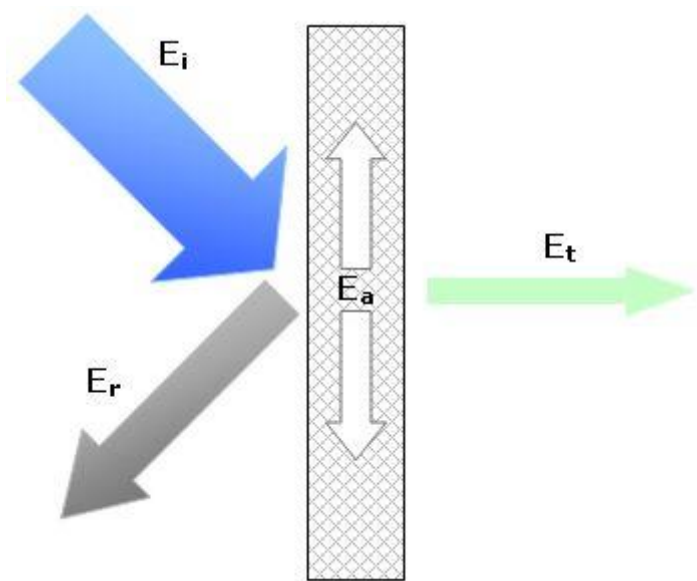


Figura 1.5.1-1. Absorción de ruido incidente

Fuente: Acústica arquitectónica y medioambiental. (s.f). Acústica arquitectónica y medioambiental: Diferencia entre absorción acústica y aislamiento acústico (acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.com)

1.5.2 Aislamiento Acústico

Para determinar el aislamiento acústico se debe tener en cuenta la función de todos los elementos de la sala que interactúan con el sonido, tales como los techos, las paredes, los suelos, las puertas interiores y las ventanas, los cuales permiten atenuar la propagación del sonido entre diferentes espacios y ambientes.

Los materiales aislantes acústicos son especialmente diseñados para este propósito, ofreciendo múltiples beneficios como mejorar privacidad, controlar el ruido en el entorno o mejorar la calidad del sonido. La selección de los materiales aislantes acústicos debe considerar las propiedades acústicas deseadas y el entorno en el que se utilizarán, además del presupuesto que se tenga para invertir en un material u otro. Cada material tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección adecuada dependerá de las necesidades específicas del proyecto, como el nivel de aislamiento

acústico requerido, el rango de frecuencias que se requiere atenuar, el entorno de aplicación y los costos asociados.

- A. Factor Másico: La masa de los elementos constructivos juega un papel fundamental en el aislamiento acústico. A mayor masa, mayor resistencia opone el material al choque de la onda sonora, resultando en una mayor atenuación del sonido. No se trata de aislantes acústicos específicos, sino de aprovechar los materiales normales en su composición y espesor para lograr un efecto de atenuación.
- B. Factor Multicapa: En elementos edificantes constituidos por múltiples capas (Figura 1.5.2-1), la disposición adecuada de estas capas puede mejorar significativamente el aislamiento acústico. Cada capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material y su espesor. Disponer capas de diferentes materiales y espesores puede aprovechar las diferencias en las frecuencias de resonancia para filtrar y absorber el sonido de manera más efectiva.

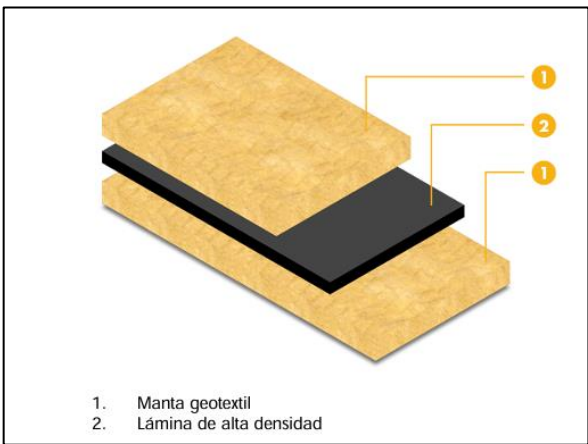


Figura 1.5.2-1. Aislante multicapa

Fuente: Donosa. (s.f). Aislamiento acústico donofonon. 900107007_FT.pdf (tiendareco.com)

- C. Factor de Disipación: La inclusión de un material absorbente (Figura 1.5.2-2) entre las capas de un elemento constructivo puede mejorar aún más el aislamiento acústico. Estos materiales, típicamente de baja densidad y con una gran cantidad de poros, actúan como filtros de sonido, absorbiendo parte de la energía sonora y reduciendo la transmisión. Ejemplos de estos materiales incluyen la lana de roca, conocida por su excelente capacidad para absorber el sonido.



Figura 1.5.2-2. Resonadores

Fuente: Soluciones acústicas Mendoza. Resonadores – Soluciones Acústicas
(solucionesacusticasmendoza.com.ar)

Para lograr un buen aislamiento acústico en un proyecto de construcción, es importante considerar estos factores desde las primeras etapas de diseño. Esto puede implicar la selección de materiales con las propiedades adecuadas, la disposición estratégica de capas y la incorporación de materiales absorbentes en los espacios adecuados. Además, la planificación cuidadosa del diseño arquitectónico, incluyendo la orientación de las habitaciones y la ubicación de los sistemas de ventilación, también puede contribuir a mejorar el aislamiento acústico.

El aislamiento acústico es un aspecto multidimensional que requiere una consideración integral de los materiales, el diseño y la disposición de los elementos constructivos. Al entender y aplicar estos factores básicos, se puede lograr un aislamiento acústico efectivo, mejorando la calidad del sonido en los espacios construidos y contribuyendo a un ambiente más cómodo y productivo.

1.6 PROBLEMÁTICA

El ruido ambiental en el campus universitario de la Universidad Santa María, sede Viña del Mar, representa un desafío significativo que afecta el proceso de enseñanza-aprendizaje y el bienestar de la comunidad académica. Las aulas, bibliotecas y talleres son espacios donde se requiere un ambiente acústico adecuado para facilitar la concentración, la comunicación efectiva y el desarrollo de actividades académicas. Sin embargo, la presencia de fuentes de ruido, tanto internas como externas, interfiere en estas actividades, generando un entorno poco propicio para el aprendizaje.

La reverberación excesiva, causada por superficies duras y poco tratadas acústicamente, puede distorsionar el sonido y dificultar la inteligibilidad de las palabras. Esto afecta la capacidad de los estudiantes para seguir las explicaciones de los docentes, participar en discusiones y realizar actividades colaborativas. La falta de claridad en la comunicación puede llevar a malentendidos y frustraciones, impactando negativamente en el rendimiento académico y en la calidad de la enseñanza.

A pesar de la creciente evidencia sobre los efectos negativos del ruido y la reverberación en el aprendizaje y la salud, muchas instituciones educativas carecen de un enfoque sistemático para abordar esta problemática. La falta de mediciones adecuadas de los niveles de ruido y la escasa implementación de estrategias de mitigación contribuyen a la persistencia de esta situación.

Por lo tanto, es esencial realizar un diagnóstico exhaustivo que identifique las fuentes de ruido y los niveles de reverberación en el campus, así como su impacto en los recintos académicos. Esto permitirá desarrollar un plan integral de mitigación que contemple estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, así como intervenciones en el diseño arquitectónico y la selección de materiales. La investigación busca no solo reducir los niveles de ruido y reverberación, sino también promover un ambiente acústico que favorezca el aprendizaje y la calidad de vida de la comunidad universitaria, contribuyendo así a una experiencia académica más enriquecedora y saludable.

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE RUIDO EN SALAS, TALLER Y BIBLIOTECA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS SALAS EDIFICIO G, TALLER DE MECÁNICA Y SALAS DE LECTURA DE LA BIBLIOTECA

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar una guía detallada para la descripción de salas de clase, el taller mecánico y las zonas de estudio de la biblioteca y su uso en una tesis de estudio acústico.

2.1.1 Sala de clases Edificio G (G-201, G-202)

Las salas de clases G-201 y G-202 son espacios fundamentales para el proceso educativo, y su calidad acústica es crucial para asegurar una comunicación efectiva entre el profesor y los estudiantes. A continuación, se presentan las características clave que deben considerarse para un estudio acústico de estas salas:

2.1.1.1 Geometría del Recinto

- A. Volumen de la Sala: El volumen de las salas debe ser adecuado para la actividad principal que se desarrollará en ellas. Para salas de clases, el volumen debe ser lo suficientemente grande para albergar a todos los estudiantes sin hacer que el sonido se atenúe demasiado al estar llena la sala, pero no tan grande para que el ruido provocado por la reverberación sea excesivo o que se pierda la inteligibilidad de las palabras.
- B. Altura del Techo: La altura del techo es vital en el diseño, ya que modifica el volumen de la sala y la transmisión del sonido.

2.1.1.2 Aislamiento Acústico

- A. Materiales de Construcción: Los materiales utilizados para la construcción de las salas deben ser adecuados para minimizar el ruido interior de los recintos y la transmisión de sonidos desde el exterior. Materiales como paneles de madera, plásticos y otros materiales absorbentes o la combinación de estos pueden ser efectivos para reducir el ruido.
- B. Ventanas y Puertas: Las ventanas y puertas deben ser diseñadas para minimizar la transmisión de sonidos externos que puedan afectar al ambiente del recinto y el aprendizaje. Se pueden utilizar materiales como ventanas de doble capa o termopanel para mejorar el aislamiento.

2.1.1.3 Tiempo de Reverberación

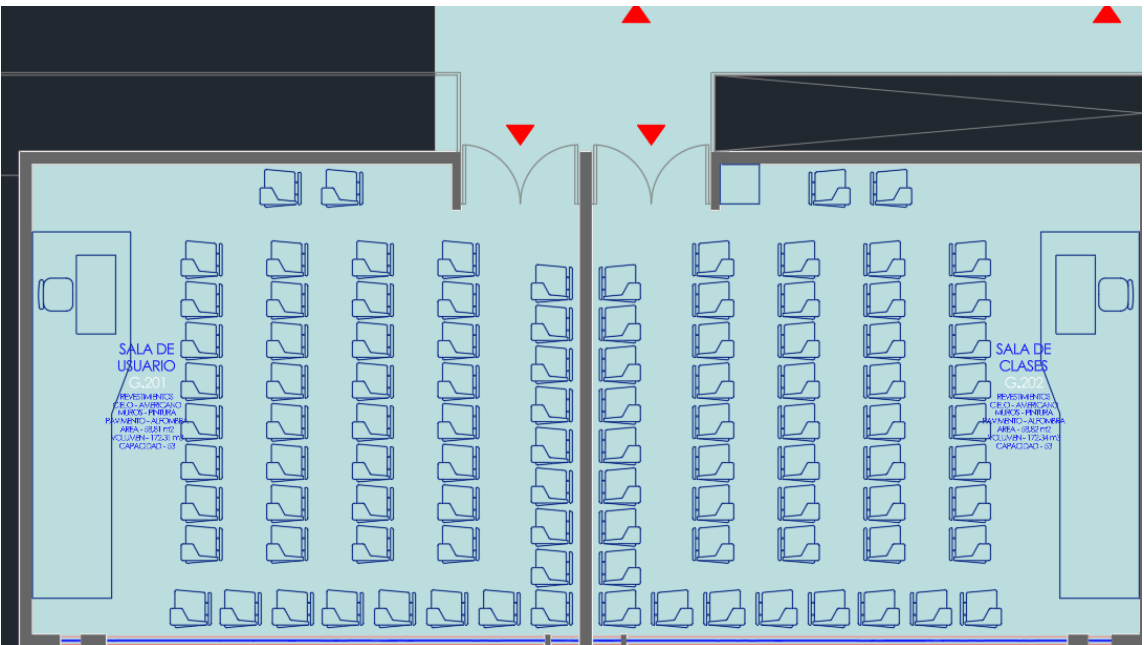
El tiempo de reverberación debe ser ajustado según la actividad principal. Para salas de clases, el tiempo de reverberación debe ser lo suficientemente corto para que el sonido de la voz del profesor sea claro y audible para todos los estudiantes, pero sin llegar al punto en que la voz se escuche apagada o sin propagación suficiente por el recinto.

2.1.1.4 Diseño de la Sala

- A. Posición de las Sillas: La posición de las sillas en las salas debe ser adecuada para minimizar el efecto "seat dip" (asiento inclinado), que ocurre cuando el sonido se propaga por encima de las sillas y es absorbido debido a la pequeña angulación de incidencia.
- B. Posición de las Fuentes Sonoras: Las fuentes sonoras, como en el caso de las salas la ubicación espacial del profesor, deben estar ubicadas de manera que el sonido se propague de manera uniforme y no se pierda la inteligibilidad de las palabras en ninguna parte del recinto.

2.1.1.5 Análisis de la Sala

- A. Mediciones en Puntos Críticos: Se realizaron mediciones en puntos críticos de las salas, como en el centro de la sala y cerca de las fuentes sonoras, para evaluar la calidad acústica en diferentes áreas.



Plano 2.1.1-1:Plano sala G-201 y G-202

Fuente:Olivares, J. (2010). Planta de arquitectura nivel 2 G, Plano 51. iGEO



Figura 2.1.1-1. Vista del exterior de la sala G-201
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia



Figura 2.1.1-2: Vista frontal de la sala G-201
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Sala Edificio G – G 201	
Cielo	Americano
Muros	Vulcanita
Suelo	Cerámica
Ventanas	Vidrio con marco de aluminio / 3 a 4 mm de espesor
Puerta	Madera
Volumen	173,30 m ³
Capacidad	53 personas

Tabla 2.1.1-1: Características Sala G-201
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Sala Edificio G – G 202	
Cielo	Americano
Muros	Vulcanita
Suelo	Cerámica
Ventanas	Vidrio con marco de aluminio / 3 a 4 mm de espesor
Puerta	Madera
Volumen	173,30 m ³
Capacidad	53 personas

Tabla 2.1.1-2: Características Sala G-202

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

2.1.2 Taller de Mecánica

El taller mecánico es un espacio fundamental para la formación práctica de los estudiantes, por lo que es crucial que se garantice un entorno de trabajo seguro y eficiente desde el punto de vista acústico.

2.1.2.1 Geometría del Espacio

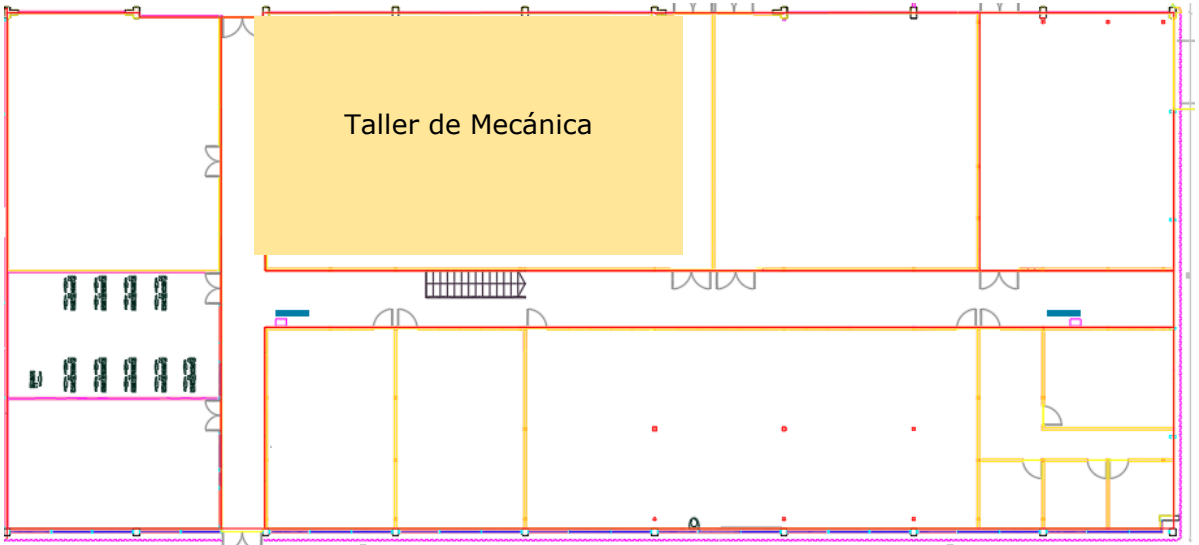
- A. Volumen del Taller: El taller debe tener un volumen adecuado para albergar los equipos y maquinaria necesarios, así como el espacio de trabajo para los estudiantes, manteniendo una distancia segura entre los mismos para efectuar sus trabajos de manera segura.
- B. Altura del Techo: La altura del techo es importante, ya que afecta a la reverberación del sonido en el espacio y a la claridad con la que se perciben las palabras en este recinto.

2.1.2.2 Materiales de Construcción

- A. Paredes y Suelos: Los materiales utilizados en las paredes y el suelo deben ser adecuados para absorber el ruido y evitar la reflexión del sonido. Materiales como paneles acústicos, alfombras, losa cruda de alto grosor y revestimientos absorbentes pueden ser efectivos.
- B. Ventanas y Puertas: Las ventanas y puertas deben estar diseñadas para minimizar la transmisión de sonidos externos al taller, con materiales como pertas y ventanas de doble capa o termopanel para mejorar el aislamiento.

2.1.2.3 Análisis del Taller de Mecánica

- A. Mediciones en Puntos Críticos: Se realizaron mediciones en puntos críticos de del taller, como en el centro de este, en ventanas y en puerta, tanto por fuera y dentro, para evaluar la calidad acústica.



Plano 2.1.2-1: Plano sector taller de mecánica

Fuente: Olivares, J. (2011). Planta de arquitectura nivel 1 C, Plano 51. iGEO



Figura 2.1.2-1: Vista desde dentro del taller de mecánica

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Taller de Mecánica	
Cielo	Plancha de Zinc
Muros	Hormigón y vidrio
Suelo	Cemento
Ventanas	Vidrio con marco de aluminio / 3 a 4 mm de espesor

Taller de Mecánica	
Puerta	Vidrio con marco de aluminio / 8-10-12 mm de espesor
Volumen	1151,04 m ³

Tabla 2.1.2-1: Características Taller de Mecánica
 Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

2.1.3 Biblioteca, Sala de lectura D-102 y D-204.

La biblioteca de la universidad es un espacio dedicado a la investigación, el estudio y la lectura, con dos espacios comunes de estudio, uno en el primer piso y otro en el segundo, además de seis cubículos de estudio en el segundo nivel. Este espacio es fundamental para el desarrollo académico de los estudiantes y es crucial que se garantice un entorno de trabajo seguro y eficiente desde el punto de vista acústico.

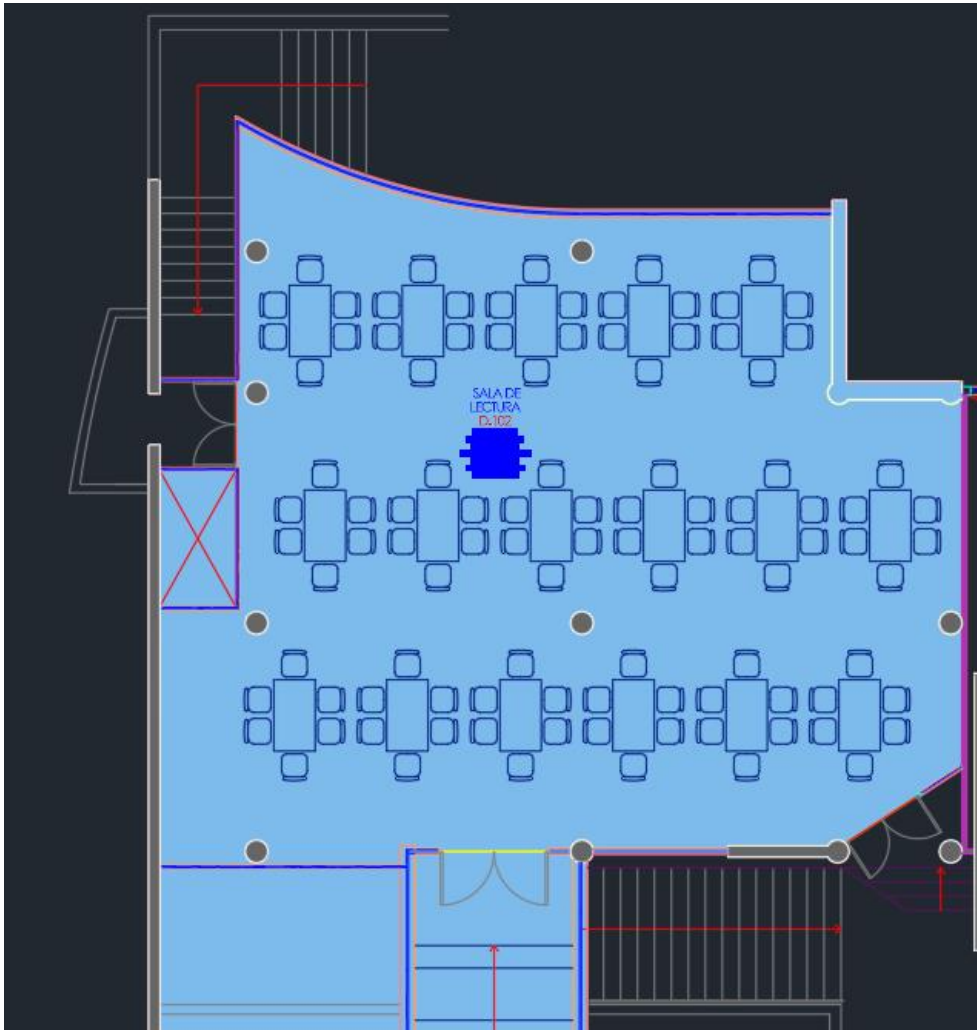
2.1.3.1 Geometría del Espacio

- A. Volumen de los Espacios de Estudio: Los espacios de estudio deben tener un volumen adecuado para albergar a los estudiantes y permitir una buena circulación y ventilación.
- B. Altura del Techo: La altura del techo es importante, ya que afecta a la reverberación del sonido en el espacio.

2.1.3.2 Materiales de Construcción

- A. Paredes y Suelos: Los materiales utilizados en las paredes y el suelo deben ser adecuados para absorber el ruido y evitar la reflexión del sonido. Como la biblioteca en su mayoría tiene grandes ventanales en el primer piso y en segundo piso los cubículos también son de este material hay tener mayor énfasis en cómo se comporta el ruido en estas zonas.
- B. Ventanas y Puertas: Las ventanas y puertas deben estar diseñadas para minimizar la transmisión de sonidos externos al espacio de estudio. Además, se debe considerar reverberación interna que se genera en los cubículos del nivel 2 de la biblioteca, los cuales están compuestos de vidrio sin propiedades aislantes significativas que garanticen una buena concentración, al transmitirse el ruido de los módulos circundantes y la sala de lectura en sí.

Esta información será fundamental para evaluar y mejorar las condiciones acústicas de la biblioteca, lo que a su vez contribuirá a la concentración y el bienestar de los estudiantes durante sus actividades de estudio.



Plano 2.1.3-1: Sala de lectura D-102

Fuente: Olivares, J. (2010). Planta de arquitectura nivel 1 D, Plano 51. IGEO



Figura 2.1.3-1: Vista desde dentro de sala de lectura D-102

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Biblioteca Sala de Lectura D-102	
Cielo	Americano
Muros	Concreto /vidrio
Suelo	Cerámica
Ventanas	Vidrio con marco de aluminio / 3 a 4 mm de espesor
Puerta	Vidrio con marco de aluminio / 8-10-12 mm de espesor
Volumen	351,41 m ³
Capacidad	78 personas

Tabla 2.1.3-1: Características Sala de Lectura D-102

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia



Plano 2.1.3-2: Sala de lectura D-204

Fuente: Olivares, J. (2010). Planta de arquitectura nivel 2 D, Plano 51. iGEO



Figura 2.1.3-2: Vista desde dentro de sala de lectura D-204
Fuente: Elaboración propia,2024

Biblioteca Sala de Lectura D-204	
Cielo	Americano
Muros	Vulcanita
Suelo	Cerámica
Ventanas	Vidrio con marco de aluminio / 3 a 4 mm de espesor
Puerta	Vidrio con marco de aluminio / 8-10-12 mm de espesor
Volumen	409,94 m ³
Capacidad	92 personas

Tabla 2.1.3-2: Características Sala de Lectura D-204
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIONES

En la siguiente tabla se describen los recintos donde se efectuarán las mediciones en el campus universitario, específicamente en las salas G-201 y G-202, el Taller de Mecánica, y las salas de lectura D-102 y D-204 de la Biblioteca. Se indica una descripción del elemento constructivo a evaluar en cada recinto.

Tal como lo indica la norma de referencia, se promediarán energéticamente todas las mediciones realizadas dentro de cada recinto, exceptuando las mediciones del Tiempo de Reverberación T, las cuales serán promediadas aritméticamente.

Recinto	Elemento Constructivo
Sala G-201	Muro divisorio entre sala y pasillo
	Techo de la sala
	Puerta de acceso
Sala G-202	Muro divisorio entre sala y pasillo
	Puerta de acceso
Taller de Mecánica	Muro divisorio entre taller y pasillo
	Techo del taller
	Puertas de acceso
Sala de Lectura D-102	Muro divisorio entre sala y pasillo
	Techo de la sala
	Puertas de acceso
Sala de Lectura D-204	Muro divisorio entre sala y pasillo
	Techo de la sala
	Puertas de acceso
	Módulos de estudio

Tabla 2.1.3-1: Elementos de recintos a evaluar.
 Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

2.2.1 Especificaciones Técnicas del Procedimiento de Medición

- A. En el recinto emisor se reproducirá ruido rosa estacionario y estable en espectro.
- B. Se ecualizará la sala emisora creando un campo difuso.
- C. Las diferencias del espectro emisor (ruido rosa) no deben tener variaciones mayores a 6 dBA entre bandas de frecuencia de 1/3 octava adyacentes.
- D. El Nivel de inmisión de ruido en la sala receptora, será al menos 10 dB mayor que el ruido de fondo.

2.2.2 Procedimiento de Medición de Aislación Acústica

- A. Emisión: se ubicarán tres posiciones de la fuente sonora en la sala emisora utilizando ruido rosa, con tres posiciones de micrófono.
- B. Inmisión: En el recinto receptor se medirán dos posiciones de micrófono por cada posición de la fuente sonora para aislación al ruido aéreo y tres posiciones de micrófono para aislación al ruido de impacto, registrando el Leq de 30 segundos en bandas en tercio de octava con y sin filtro de ponderación.
- C. Rango de frecuencia: Entre 100 Hz a 3150 Hz.

2.3 RESULTADO DE MEDICIONES

En este acápite, se presentan los resultados de las mediciones realizadas en la universidad para evaluar la calidad acústica de los espacios de estudio de las salas G-201 y G-202, sala de lectura de la biblioteca D-102 y D-204 y el taller de mecánica. Los resultados se basan en las mediciones de niveles de ruido, Leq, Lmáx, Lmín y Lz.

Sala G-201 Emisión					
Medición Mem	Leq dBA	Lmáx dBA	Lmín dBA	Lz	Observaciones
504	90,5	92,0	89,3	95,5	Dentro y delante de sala. Puerta cerrada
506	90,0	90,9	89,0	95,1	Dentro y centro de la sala. Puerta cerrada
507	90,0	91,0	89,2	94,8	Dentro y centro de la sala. Puerta cerrada

Tabla 0-1: Resultado medición sala G-201. Emisión.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Sala G-202 Inmisión					
Medición Mem	Leq dBA	Lmáx dBA	Lmín dBA	Lz	Observaciones
508	55,6	60,7	53,8	75,6	Centro de la sala. Puerta cerrada
511	55,1	56,6	53,6	76,0	Cerca de pared colindante con sala G-201 a 1 m de distancia con puerta cerrada.
512	55,2	60,1	53,5	73,1	Cerca de pared colindante con sala G-201 a 1 m de distancia con puerta cerrada.

Tabla 0-2 Resultado medición sala G-202. Emisión.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Taller de Mecánica Emisión					
Medición Mem	Leq dBA	Lmáx dBA	Lmín dBA	Lz	Observaciones
522	86,9	88,0	86,1	95,5	Dentro y centro del taller. Puerta cerrada

Taller de Mecánica Emisión					
523	87,0	88,1	86,0	90,4	Dentro y centro del taller. Puerta cerrada
524	86,4	87,6	85,2	89,0	Dentro y cerca de la pared. Puerta cerrada
525	86,5	87,4	85,4	89,1	Dentro y cerca de la pared. Puerta cerrada

Tabla 0-3 Resultado medición Taller de Mecánica.
 Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Taller de Mecánica Inmisión					
Medición Mem	Leq dBA	Lmáx dBA	Lmín dBA	Lz	Observaciones
526	68,9	69,8	68,1	74,4	Fuera del taller a 0,5 m de la pared.
527	68,9	69,4	68,0	74,7	Fuera del taller a 0,5 m de la pared.
528	69,7	70,9	68,9	74,6	Fuera del taller a 1 m de la pared.
529	69,4	70,1	68,8	73,9	Fuera del taller a 1 m de la pared.

Tabla 0-4 Resultado medición Taller de Mecánica.
 Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Taller de Mecánica Puerta					
Medición Mem	Leq dBA	Lmáx dBA	Lmín dBA	Lz	Observaciones
530	74,7	75,4	73,8	82,7	Puerta cerrada, medición desde el pasillo a 2 m de la puerta.
531	74,9	75,8	74,1	83,5	Puerta cerrada, medición desde el pasillo a 2 m de la puerta.
532	96,4	98,7	91,7	99,0	Dentro del taller, delante de puerta (puerta cerrada) a 2 m del parlante.
533	96,7	98,9	92,7	99,3	Dentro del taller, delante de puerta (puerta cerrada) a 2 m del parlante.

Tabla 0-5 Resultado medición Taller de Mecánica, Puerta.
 Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS Y ANÁLISIS ACÚSTICO DE LOS RECINTOS

3.1 **CÁLCULOS**

En este capítulo se presentan los cálculos acústicos realizados en diferentes recintos de la universidad, incluyendo la caracterización de las salas G-201, las salas de lectura D-102 y D-204, los módulos de estudio y el taller de mecánica. Estos cálculos son fundamentales para evaluar la calidad acústica de cada espacio y proponer soluciones adecuadas para mejorar la acústica en función de las necesidades específicas de cada recinto.

3.1.1 Caracterización de los Recintos

A. Sala G-201

La sala G-201 es un espacio diseñado para actividades académicas, con un diseño que permite la interacción entre estudiantes y profesores.

Volumen: 173,30 m³

Sala G-201	Área m²
Cielo	60
Muro Norte	21
Muro Este	24
Muro Sur	21
Muro Oeste	24
Ventana Este	11
Puerta	2
Pizarrón	5,8
Suelo	60

Tabla 3.1.1-1 Cálculos áreas Sala G-201.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

B. Taller de Mecánica

Este taller está equipado con herramientas y maquinaria para la enseñanza práctica de la mecánica, lo que puede generar niveles de ruido significativos.

Volumen: 1151,04 m³

Taller Mecánica	Área m ²
Cielo vidrio Taller	60
Cielo lata Taller	209
Muro norte hacia pasillo	121
Muro Norte Concreto	16
Muro Norte Ventanal	104
Muro Este Concreto	31
Muro Sur Concreto	54
Muro Oeste sin pared, reja	31
Puerta Norte vidrio	3,2
Puerta Norte Grande	4,3
Piso Taller	209
Puerta Sur Madera	3,5

Tabla 3.1.1-2 Cálculos áreas Taller de Mecánica.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

C. Biblioteca

Estas salas están destinadas al estudio individual y grupal, proporcionando un ambiente tranquilo y propicio para la concentración.

a) Sala de Lectura D-102

Volumen: 351,41 m³

Sala de Lectura D-102	Área m ²
Cielo	135
Muro Norte	27
Muro Este	17
Muro Sur Ventanal	19
Muro Sur concreto	10
Muro Oeste Concreto	18
Muro Oeste Ventanal	37
Puerta Costado	3,6
Puerta Frente	4,1
Pilares	98
Suelo	135
Pizarrón	2,9

Tabla 3.1.1-3 Cálculos áreas Sala Lectura D-102.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

b) Sala de Lectura D-204

Volumen: 409,94 m³

Sala de Lectura D-204	Área m²
Cielo	141
Muro Norte Concreto	11
Muro Norte Ventanal	25
Muro Oeste Concreto	33
Muro Sur Concreto	11
Muro Sur Ventanal	25
Muro Este Concreto	10
Muro Este Ventanal	23
Puerta Costado	5,8
Puerta Principal	5,8
Piso	141

Tabla 3.1.1-4 Cálculos áreas Sala Lectura D-204.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

c) Módulos en Sala de Lectura D-204

Volumen: 25,23 m³

Módulos	Área m²
Cielo	8,7
Muro Norte concreto	2,7
Muro Norte Ventanal	6
Muro Este Concreto	2,6
Muro Este Pizarra	2,7
Muro Este Ventanal	1,7
Muro Sur Ventanal	8,7
Muro Oeste Concreto	2,6
Muro Oeste Pizarra	2,7
Muro Oeste Ventana	1,7
Suelo	8,7

Tabla 3.1.1-5 Cálculos áreas Módulos en Sala Lectura D-204.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.2 Cálculo del Tiempo de Reverberación (T)

El tiempo de reverberación (T) es un parámetro crucial en la acústica de los espacios, ya que afecta la claridad del sonido y la inteligibilidad del habla. Para calcular el tiempo de reverberación de cada recinto, se utilizará la fórmula de Sabine:

$$T = \frac{0.163 \times V}{A}$$

Donde:

- T: es el tiempo de reverberación en segundos.
- V: es el volumen del recinto en metros cúbicos (m³).

- A (Superficie de Absorción Equivalente): es el área de absorción acústica total en metros cuadrados (m²), que se calcula como:

$$A = \sum(S_i \times \alpha_i)$$

Donde:

- S_i es el área de cada superficie (m²).
- α_i es el coeficiente de absorción acústica de cada material.

3.1.2.1 Comparación de Tiempo de Reverberación resultante con y sin tratamiento acústico Sala G-201

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T Sala G201 (sin tratamiento acústico)	1,4	1,41	1,2	1,13	1,18	1,23
T Sala G201 (con tratamiento acústico)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabla 3.1.2-1 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala G-201.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

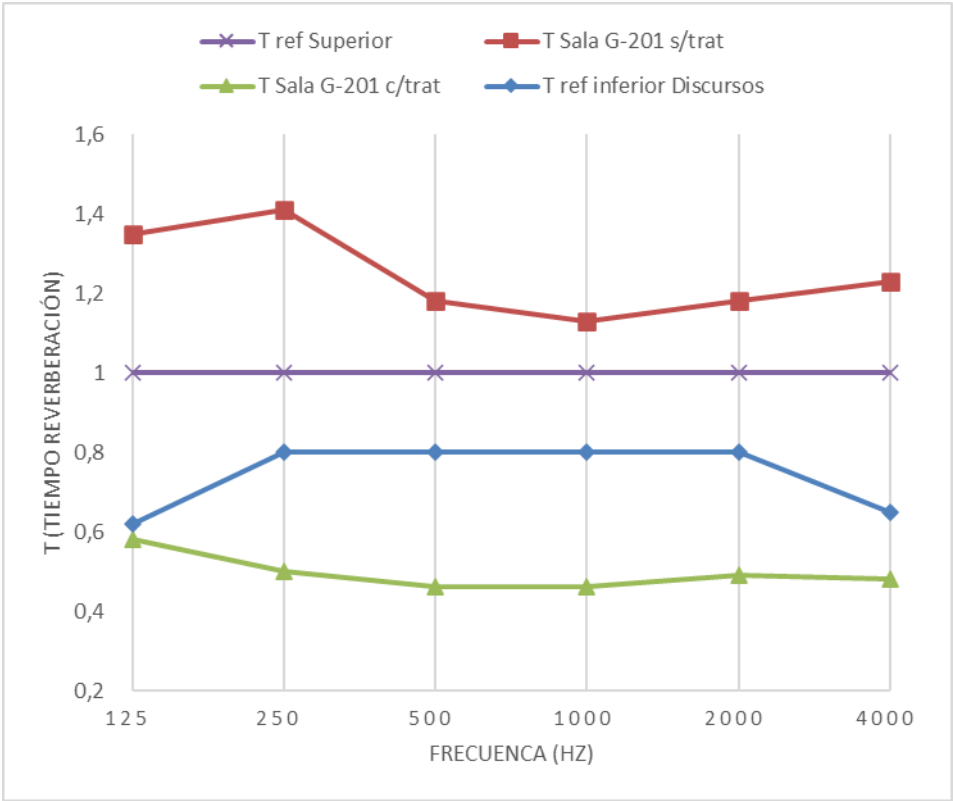


Gráfico 3.1.2-1:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala G-201.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.2.2 Comparación de Tiempo de Reverberación resultante con y sin tratamiento acústico Taller Mecánica

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T Taller Mecánica (sin tratamiento acústico)	3,61	6,25	6,3	5,52	5,36	5,52
T Taller Mecánica (con tratamiento acústico)	0,85	1,12	0,9	0,78	0,85	0,95

Tabla 3.1.2-2 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Taller de Mecánica.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

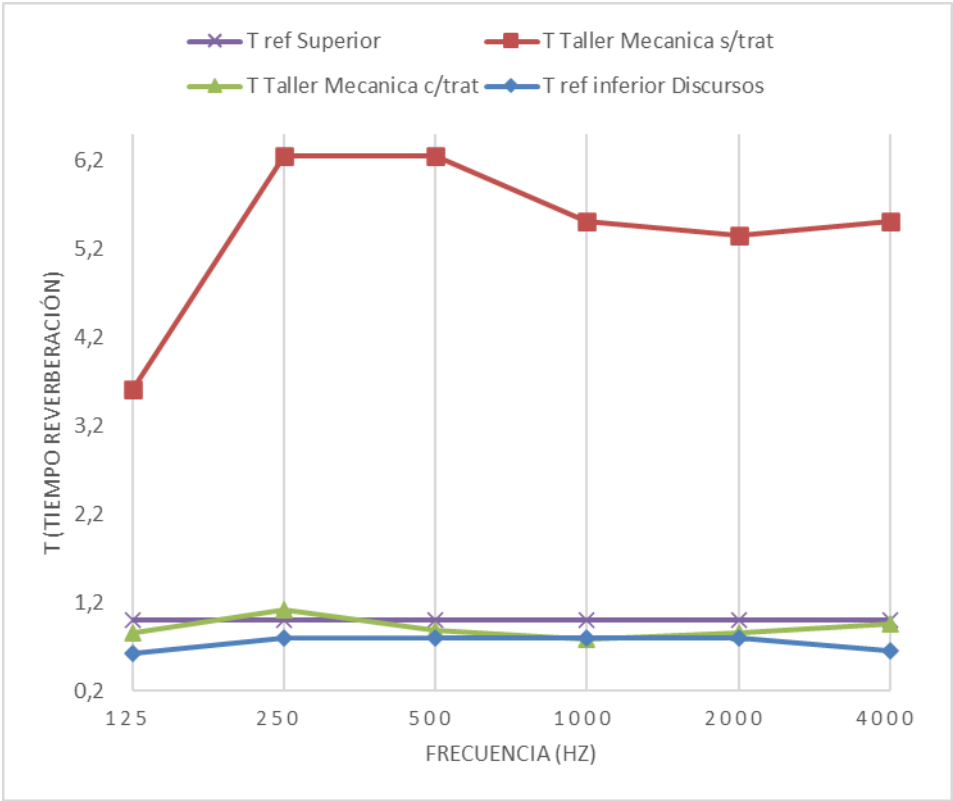


Gráfico 3.1.2-2:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Taller Mecánica.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.2.3 Comparación de Tiempo de Reverberación resultante con y sin tratamiento acústico Biblioteca Sala Lectura D-102

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T Sala Lectura D-102 (sin tratamiento acústico)	1,35	1,41	1,2	1,13	1,18	1,23
T Sala Lectura D-102 (con tratamiento acústico)	0,57	0,47	0,4	0,42	0,43	0,42

Tabla 3.1.2-3 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-102.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

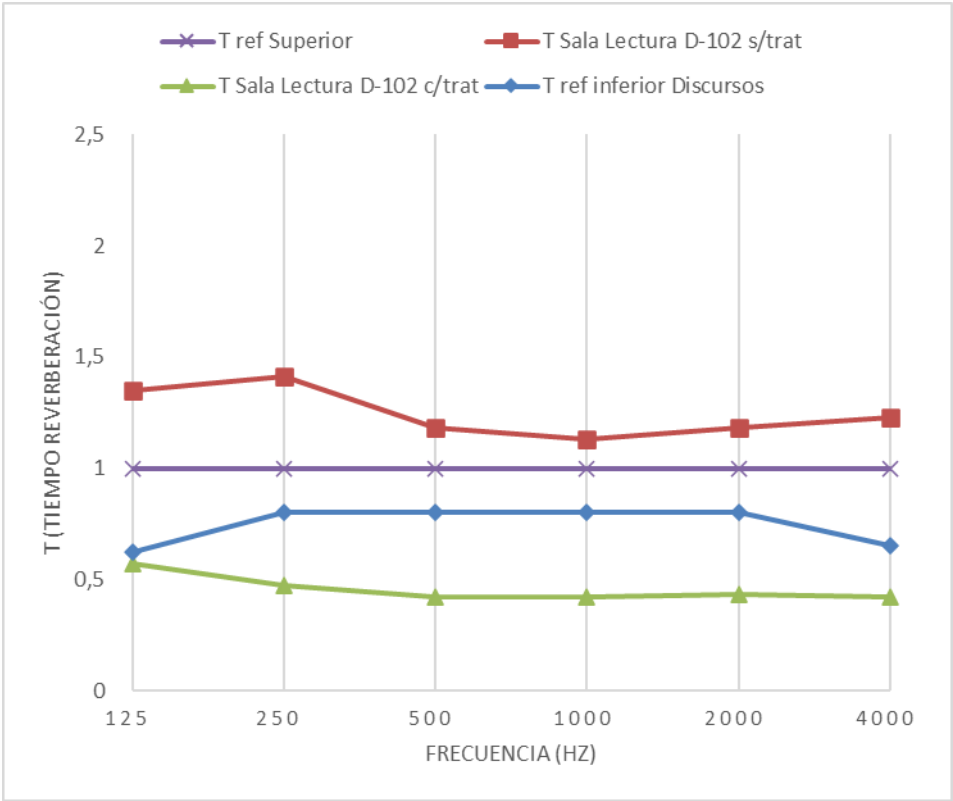


Gráfico 3.1.2-3:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-102.
Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.2.4 Comparación de Tiempo de reverberación resultante con y sin tratamiento acústico Biblioteca Sala Lectura D-204

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T Sala Lectura D-204 (sin tratamiento acústico)	1,35	1,41	1,2	1,13	1,18	1,23
T Sala Lectura D-204 (con tratamiento acústico)	0,66	0,54	0,5	0,49	0,51	0,49

Tabla 3.1.2-4 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-204.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

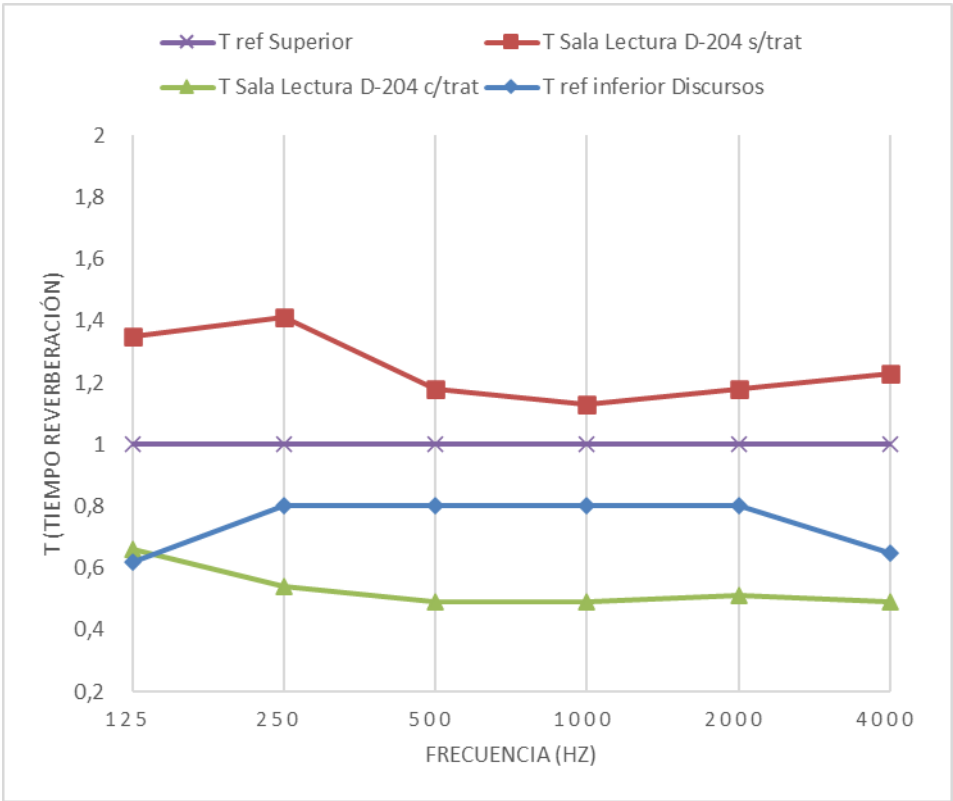


Gráfico 3.1.2-4:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Sala Lectura D-204.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.2.5 Comparación de Tiempo de Reverberación resultante con y sin tratamiento acústico Biblioteca Módulos en Sala Lectura D-204

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T Módulos (sin tratamiento acústico)	1,35	1,41	1,2	1,13	1,18	1,23
T Módulos (con tratamiento acústico)	0,46	0,46	0,5	0,46	0,46	0,46

Tabla 3.1.2-5 Cálculos Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Módulos en Sala Lectura D-204.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

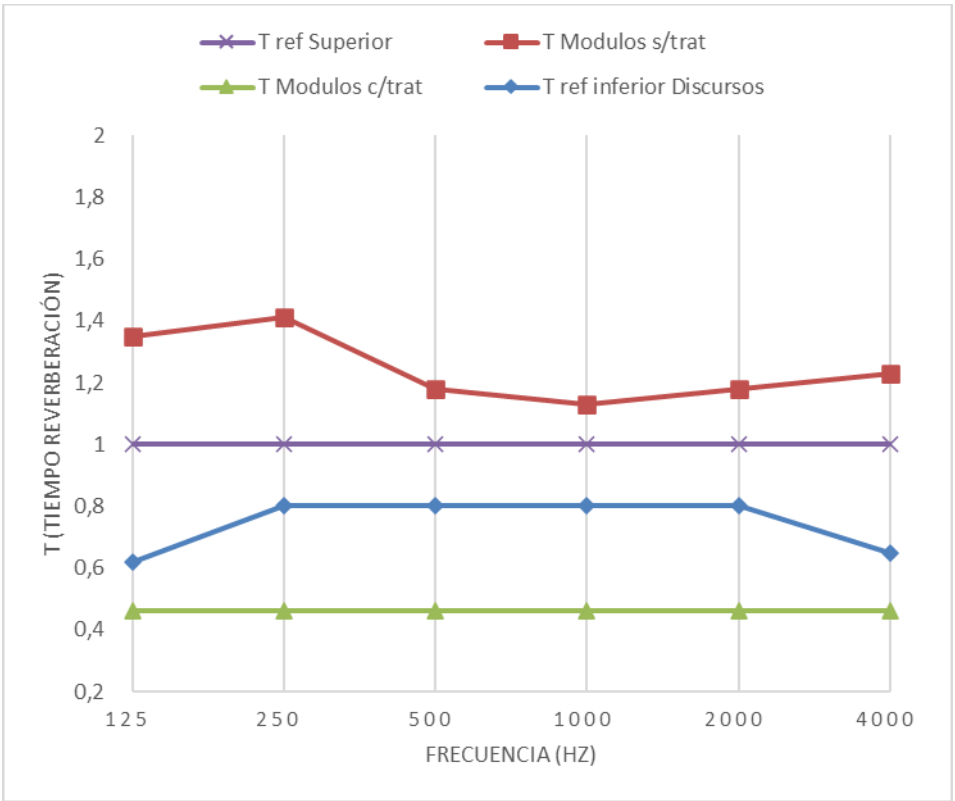


Gráfico 3.1.2-5:Tiempo de Reverberación con y sin tratamiento acústico Módulos en Sala Lectura D-204.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.3 Cálculo Aislación Acústica (Rw)

En este subcapítulo, se abordará el cálculo de la aislación acústica, representada por el índice Rw (Weighted Sound Reduction Index), que es un parámetro fundamental para evaluar la efectividad de un material o un sistema constructivo en la reducción de la transmisión de sonido entre espacios. La aislación acústica es crucial en entornos educativos, como los que se encuentran en la universidad, donde la calidad del sonido

y la minimización de ruidos no deseados son esenciales para el aprendizaje y la concentración de los estudiantes. La evaluación de la aislación acústica se basa en la medición de la diferencia de niveles de presión sonora entre dos recintos adyacentes, considerando tanto el sonido aéreo como el sonido de impacto. Este índice se expresa en decibelios (dB) y proporciona una medida cuantitativa de la capacidad de un material o sistema para atenuar el sonido.

$$R_w = D + 10 \log \frac{S}{A}$$

Donde:

- **R_w**: Este es el índice de reducción sonora ponderado, expresado en decibelios (dB). Indica la cantidad de sonido que se reduce al pasar a través de un material o estructura.
 - **D**: Este término representa la diferencia de niveles de presión sonora entre dos recintos. Se mide en dB y es una medida directa de la atenuación del sonido.
 - **S**: Este es el área de la superficie a través de la cual se mide la transmisión del sonido, generalmente expresada en metros cuadrados (m²). Un área mayor puede contribuir a una mayor transmisión de sonido.
 - **A**: Este es el área equivalente de absorción acústica del recinto receptor, también expresada en metros cuadrados (m²). Este valor refleja la cantidad de sonido que es absorbido por las superficies dentro del espacio receptor.
 - **10log(AS)**: Este término calcula el efecto de la relación entre el área de la superficie y el área de absorción acústica en la reducción del sonido. La función logarítmica se utiliza porque la percepción del sonido humano es logarítmica, lo que significa que los cambios en la intensidad del sonido se perciben de manera no lineal.
-
- a. **Emisión**: se ubicaron tres posiciones de la fuente sonora en la sala emisora utilizando ruido rosa, con tres posiciones de micrófono.
 - b. **Inmisión**: En el recinto receptor se midieron dos posiciones de micrófono por cada posición de la fuente sonora para aislación al ruido aéreo y tres posiciones de micrófono para aislación al ruido de impacto, registrando el Leq de 30 segundos en bandas en tercio de octava con y sin filtro de ponderación.
 - c. **Rango de frecuencia**: Entre 100 Hz a 3150 Hz.

3.1.3.1 Cálculo Aislación Acústica (Rw) Salas G-201/G-202

Medición N°1								
Lugar: USM JMC								
Ruido Aéreo, Paramento Vertical: Muro Hormigón de 20,9 m ²								
Emisión: Sala G201, Receptor: Sala G202								
Volumen= 173 m ³ Superficie= 20,88 m ²								
Rw = 32 (0;0) dB Rm = 30 dB Suma de Diferencias desfavorables = -31 dB								
Frequenz	Le (dB)	Li (dB)	T (s)					
Hz	Nivel de emisión	Nivel de inmisión	Tiempo de reverberación	Corrección	Diferencias desfavorables	R' = 32 dB	Referencia ISO 717-1	Referencia desplazada
100	68,9	43,5	1,35	-3	0	22,3	33	13
125	68,4	42,8	1,35	-3	0	22,6	36	16
160	70,8	41,7	1,41	-2,8	0	26,3	39	19
200	70,7	39,1	1,41	-2,8	0	28,8	42	22
250	71,8	40,1	1,41	-2,8	0	28,9	45	25
315	74,7	43,8	1,18	-3,6	-0,7	27,3	48	28
400	76,4	44,8	1,18	-3,6	-3	28	51	31
500	75	45,7	1,18	-3,6	-6,3	25,7	52	32
630	77,4	47,2	1,13	-3,8	-6,6	26,4	53	33
800	74,9	44,7	1,13	-3,8	-7,6	26,4	54	34
1000	77,5	43	1,13	-3,8	-4,3	30,7	55	35
1250	77,8	40	1,18	-3,6	-1,8	34,2	56	36
1600	75,8	37	1,18	-3,6	-0,7	35,3	56	36
2000	76,2	35,6	1,18	-3,6	0	37	56	36
2500	78	36,3	1,23	-3,4	0	38,3	56	36
3150	81,5	36,8	1,23	-3,4	0	41,3	56	36

Tabla 3.1.3-1: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora Rw para Muro Divisorio Sala G201-G202.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Medición N°1								
Cliente: USM JMC								
Ruido Aéreo, Paramento Vertical: Muro Hormigón de 20,9 m ²								
Emisión: Sala G201, Receptor: Sala G202								
Volumen= 173 m ³ Superficie= 20,88 m ²								
Rw = 28 (0;0) dB Rm = 25,9 dB Suma de Diferencias desfavorables = -30,6 dB								
Frequenz	Le (dB)	Li (dB)	T (s)					
Hz	Nivel de emisión	Nivel de inmisión	Tiempo de reverberación	Corrección	Diferencias desfavorables	R' = 28 dB	Referencia ISO 717-1	Referencia desplazada
100	68,9	43,5	0,58	-6,7	0	18,6	33	9
125	68,4	42,8	0,58	-6,7	0	18,9	36	12
160	70,8	41,7	0,5	-7,3	0	21,8	39	15
200	70,7	39,1	0,5	-7,3	0	24,3	42	18
250	71,8	40,1	0,5	-7,3	0	24,4	45	21
315	74,7	43,8	0,46	-7,7	-0,8	23,2	48	24
400	76,4	44,8	0,46	-7,7	-3,1	23,9	51	27
500	75	45,7	0,46	-7,7	-6,4	21,6	52	28
630	77,4	47,2	0,46	-7,7	-6,5	22,5	53	29
800	74,9	44,7	0,46	-7,7	-7,5	22,5	54	30
1000	77,5	43	0,46	-7,7	-4,2	26,8	55	31
1250	77,8	40	0,49	-7,4	-1,6	30,4	56	32
1600	75,8	37	0,49	-7,4	-0,5	31,5	56	32
2000	76,2	35,6	0,49	-7,4	0	33,2	56	32
2500	78	36,3	0,48	-7,5	0	34,2	56	32
3150	81,5	36,8	0,48	-7,5	0	37,2	56	32

Tabla 3.1.3-2: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora Rw para Muro Divisorio Sala G201-G202 con Solución Acústica

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

3.1.3.2 Cálculo Aislación Acústica (Rw) Taller de Mecánica

Medición N°2								
Lugar: USM JMC								
Ruido Aéreo, Paramento Vertical: Muro Hormigón de 15,9 m² + Vidrio 104 m²								
Emisión: Taller Mecanica Dentro. Receptor:Taller Mecanica Pasillo								
Volumen= 1151 m³ Superficie= 122,8 m²								
Rw = 19 (0;0) dB Rm = 18,7 dB Suma de Diferencias desfavorables = -24,2 dB								
Frequenz	Le (dB)	Li (dB)	T (s)					
Hz	Nivel de emisión	Nivel de inmisión	Tiempo de reverberación	Corrección	Diferencias desfavorables	R'= 19 dB	Referencia ISO 717-1	Referencia desplazada
100	60,5	41,2	3,61	0,1	0	19,3	33	0
125	63,1	47,0	3,61	0,1	0	16,2	36	3
160	62,6	47,1	3,61	2,5	0	18	39	6
200	63,6	48,9	3,61	2,5	0	17,1	42	9
250	66,1	51,0	6,25	2,5	0	17,6	45	12
315	67,9	51,9	6,25	2,5	0	18,5	48	15
400	70,2	53,7	6,25	2,5	0	19	51	18
500	70,7	53,0	6,25	2,5	0	19,4	52	19
630	72,7	54,2	5,52	1,9	0	20,5	53	20
800	70,5	51,9	5,52	1,9	-0,5	20,5	54	21
1000	73,0	54,0	5,52	1,9	-1	21	55	22
1250	73,3	55,7	5,36	1,8	-3,7	19,3	56	23
1600	72,3	56,2	5,36	1,8	-5,2	17,8	56	23
2000	73,1	56,8	5,36	1,8	-4,9	18,1	56	23
2500	74,7	58,2	5,52	1,9	-4,6	18,4	56	23
3150	78,6	61,9	5,52	1,9	-4,5	18,5	56	23

Tabla 3.1.3-3: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora Rw para Muro Divisorio Taller de Mecánica /Pasillo.

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

Medición N°2								
Lugar: USM JMC								
Ruido Aéreo, Paramento Vertical: Muro Hormigón de 15,9 m2 + Vidrio 104 m2								
Emisión: Taller Mecanica Dentro. Receptor:Taller Mecanica Pasillo								
Volumen= 1151 m3 Superficie= 122,8 m2								
Rw = 11 (0;0) dB Rm = 10,9 dB Suma de Diferencias desfavorables = -24.6 dB								
Frequenz	Le (dB)	Li (dB)	T (s)					
Hz	Nivel de emisión	Nivel de inmisión	Tiempo de reverberación	Corrección	Diferencias desfavorables	R'= 11 dB	Referencia ISO 717-1	Referencia desplazada
100	60,5	41,2	0,9	-6,2	0,0	13,0	33	-8
125	63,1	47,0	0,9	-6,2	0,0	9,9	36	-5
160	62,6	47,1	1,1	-5,0	0,0	10,5	39	-2
200	63,6	48,9	1,1	-5,0	0,0	9,6	42	1
250	66,1	51,0	1,1	-5,0	0,0	10,2	45	4
315	67,9	51,9	0,9	-6,1	0,0	10,0	48	7
400	70,2	53,7	0,9	-6,1	0,0	10,5	51	10
500	70,7	53,0	0,9	-6,1	-0,1	10,9	52	11
630	72,7	54,2	0,8	-6,6	0,0	12,0	53	12
800	70,5	51,9	0,8	-6,6	-1,0	12,0	54	13
1000	73,0	54,0	0,8	-6,6	-1,5	12,5	55	14
1250	73,3	55,7	0,9	-6,2	-3,7	11,3	56	15
1600	72,3	56,2	0,9	-6,2	-5,2	9,8	56	15
2000	73,1	56,8	0,9	-6,2	-4,9	10,1	56	15
2500	74,7	58,2	1,0	-5,7	-4,2	10,8	56	15
3150	78,6	61,9	1,0	-5,7	-4,1	10,9	56	15

Tabla 3.1.3-4: Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora Rw para Muro Divisorio Taller de Mecánica /Pasillo con Solución Acústica

Fuente: Gallardo, B. (2024) Elaboración propia

CAPÍTULO 4: SOLUCIONES ACUSTICAS Y CONCLUSIONES

4.1 SOLUCIONES ACUSTICAS

En este capítulo, se presentan las soluciones acústicas propuestas para optimizar la calidad sonora de los recintos de la universidad, incluyendo aulas, bibliotecas, talleres y espacios de estudio. La adecuada acústica es fundamental en entornos educativos, ya que influye directamente en la concentración, la comunicación y el rendimiento académico de los estudiantes.

A lo largo de este capítulo, se abordan las diferentes estrategias y tratamientos acústicos que se pueden implementar para mejorar la aislación y la absorción del sonido en cada uno de los espacios analizados.

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar un enfoque integral para abordar los desafíos acústicos identificados, contribuyendo así a la creación de ambientes de aprendizaje más confortables y funcionales que favorezcan el desarrollo académico de los estudiantes.

4.1.1 Tratamiento Acústico Sala G-201

Los resultados muestran una reducción significativa en el tiempo de reverberación tras la implementación del tratamiento acústico. Sin tratamiento, los tiempos de reverberación oscilan entre 1.2 y 1.41 segundos, lo cual es considerado alto para un espacio educativo. Este nivel de reverberación puede dificultar la comprensión del habla y generar un ambiente sonoro incómodo para los estudiantes y profesores.

Con el tratamiento acústico, el tiempo de reverberación se reduce a 0.5 segundos en la mayoría de las frecuencias, lo que se considera óptimo para aulas y espacios de aprendizaje. Este tratamiento no solo mejora la inteligibilidad del habla, sino que también contribuye a un ambiente más cómodo y propicio para el aprendizaje.

Para lograr esta mejora en la Sala G-201, se implementa un tratamiento acústico específico en el cielo de la sala utilizando Sonoglas Cine Volcán, un material conocido por su alta efectividad en la absorción del sonido. Este material se caracteriza por su capacidad para reducir la reverberación y mejorar la calidad acústica del espacio.

- A. Sonoglas Cine Volcán: Este material es ligero, fácil de instalar y proporciona un alto coeficiente de absorción en las frecuencias críticas para el habla. Su diseño permite una integración estética en el ambiente educativo, contribuyendo a un espacio visualmente agradable.

Las placas de Sonoglass, según antecedentes del fabricante, comprenden un cielo modular en base de lana de vidrio, revestidos con un velo de vidrio color

negro. Esto le permite sumar las propiedades de la lana de vidrio como aislante térmico y absorbente acústico. El panel Sonoglass Panel Velo Negro, permite disminuir la transmisión sonora y la reverberancia de ruidos. Dentro de la habitación, estas propiedades acústicas atenúan el ruido excesivo que induce a la fatiga, baja productividad en el trabajo, interferencia en la comunicación y en el caso extremo, puede causar pérdida de audición. [6]

a) Características:

- i. Proporciona un excelente rendimiento acústico, ayudando a controlar la reverberación
- ii. Aislante térmico y absorbente acústico
- iii. Dimensionalmente estable
- iv. Inorgánico, no promueve el desarrollo de hongos
- v. No se corroe
- vi. Bajo peso por metro cuadrado
- vii. Fácil de instalar
- viii. Producto No Combustible [9]

B. Instalación: La instalación del Sonoglas se realiza en el cielo de la sala, cubriendo el total de este para maximizar la absorción del sonido.

El panel Sonoglass Panel Velo Negro 50 mm de espesor, absorbe hasta el 90% del sonido que llega a su superficie, contribuyendo a mejorar la calidad del sonido y la inteligibilidad de la palabra, disminuyendo el tiempo de reverberación al interior de los recintos.



Figura 4.1.1-1: Presentación de solución aplicada con paneles Sonoglass Sala G-201

Fuente: Elaboración propia, 2024



Figura 4.1.1-2: Panel Sonoglass Panel Velo Negro

Fuente: Skintec. (n.d.). *Panel velo negro*. <https://skintec.cl/index.php/aislantes-termicos-y-acusticos-2/industrial-comercial/lana-de-vidrio-aislanglass/panel-velo-negro>

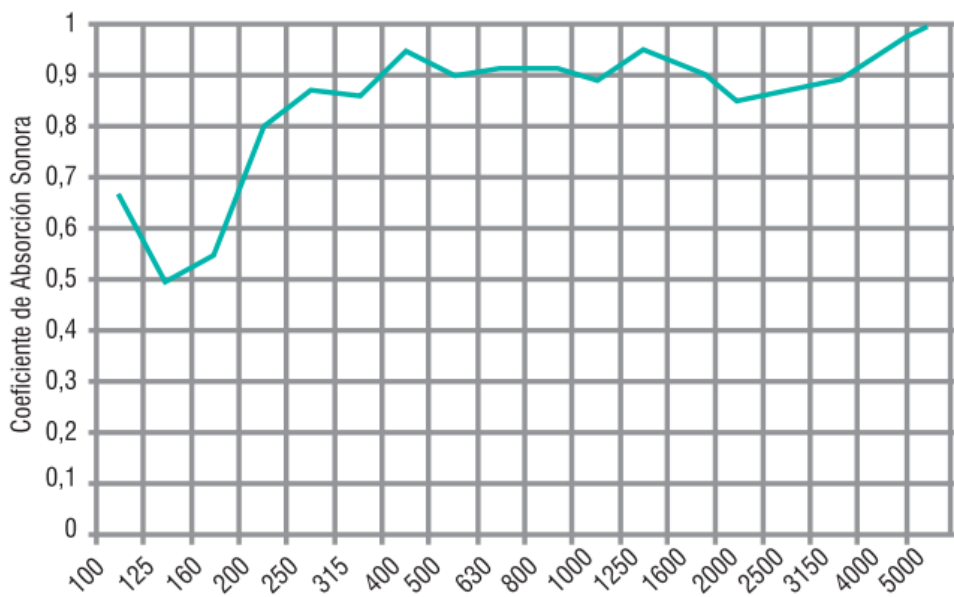


Gráfico 4.1.1-1: Absorción Sonora Sonoglass Panel Velo Negro.

Fuente: Volcán. (2017). *Ficha técnica Sonoglas Cine*.
Volcán. <https://www.volcan.com/fichatecnica/sonoglas cine>

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Panel Velo Vidrio	50	1,2	2,4	145

Tabla 4.1.1-1 : Especificaciones técnicas de Sonoglass Panel Velo Negro.

Fuente: Volcan. (2019). *Ficha técnica Aislanglass*. https://volcan.cl/wpcontent/uploads/2022/03/ficha_aislanglass_2019-web2-1.pdf

C. Costos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)
Área del cielo	59.7	m²	-	-
Sonoglas Cine Volcán (50 mm)	59.7	m²	15,000	895,500
Mano de obra para instalación	1	servicio	100,000	100,000
Total, Estimado				995,500

Tabla 4.1.1-2 : Tabla de Costos para Tratamiento Acústico en la Sala G-201.

Fuente: Elaboración propia,2024

- i. Área del cielo: Se considera que el área del cielo de la Sala G-201 es de 59.7 m².
- ii. Sonoglas Cine Volcán: Se estima un costo de 15,000 CLP por metro cuadrado para el material Sonoglas Cine Volcán. El costo total para cubrir el área del cielo es de 895,500 CLP.
- iii. Mano de obra: Se incluye un costo estimado de 100,000 CLP para la instalación del material, que puede variar según la complejidad del trabajo y las tarifas locales.
- iv. Total, Estimado: La suma de los costos de materiales y mano de obra resulta en un costo total estimado de 995,500 CLP para implementar la solución acústica en la Sala G-201.
- v. Esta tabla proporciona una visión clara de los costos asociados con el tratamiento acústico propuesto, facilitando la planificación y la justificación del presupuesto necesario para mejorar la calidad acústica del recinto.

D. Resultado Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora R_w , Sala G-201/G-202.

Frecuencia Hz	$R' = 32$ dB
100	22,3
125	22,6
160	26,3
200	28,8
250	28,9
315	27,3
400	28

Frecuencia Hz	R'= 32 dB
500	25,7
630	26,4
800	26,4
1000	30,7
1250	34,2
1600	35,3
2000	37
2500	38,3
3150	41,3

Tabla 4.1.1-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw G-201/G-202.
Fuente: Elaboración propia,2024

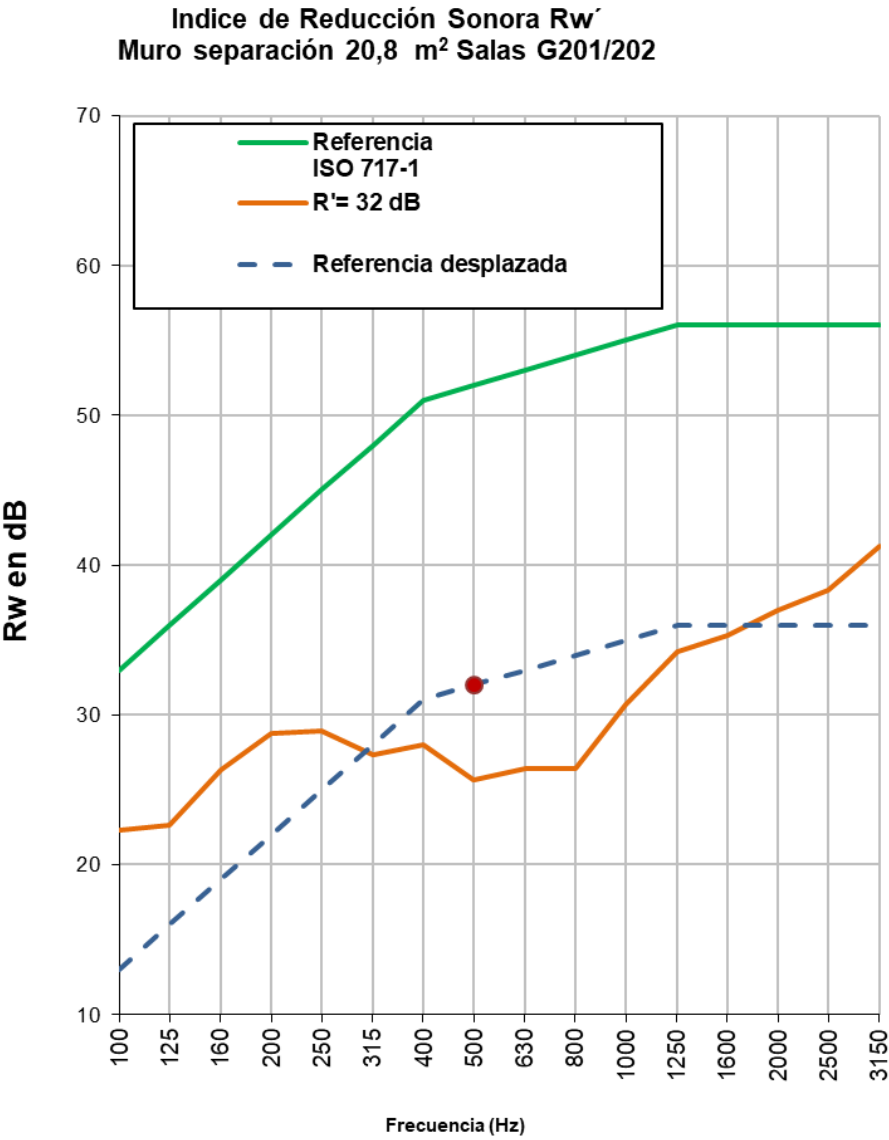


Gráfico 4.1.1-2: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw G-201/G-202.
Fuente: Elaboración propia,2024

Frecuencia Hz	R'= 28 dB
100	18,6
125	18,9
160	21,8
200	24,3
250	24,4
315	23,2
400	23,9
500	21,6
630	22,5
800	22,5
1000	26,8
1250	30,4
1600	31,5
2000	33,2
2500	34,2
3150	37,2

Tabla 4.1.1-4: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw G-201/G-202, con Solución.
Fuente: Elaboración propia,2024

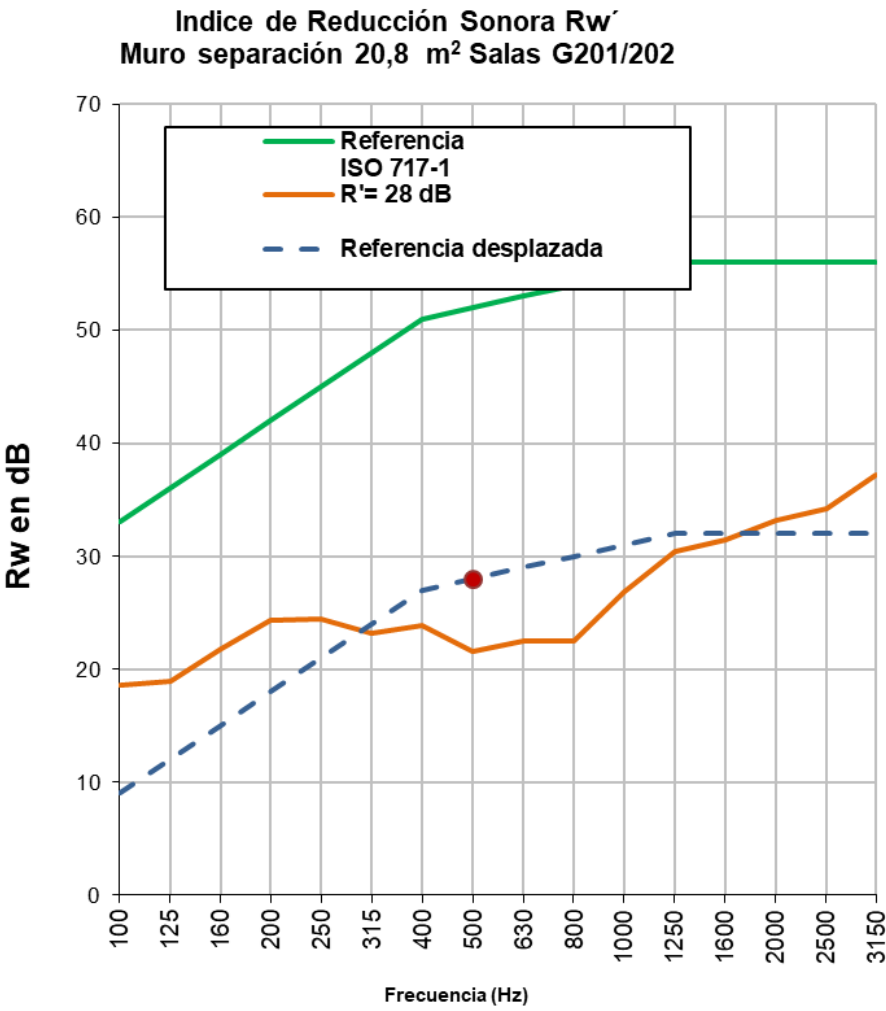


Gráfico 4.1.1-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw G-201/G-202, con Solución.
Fuente: Elaboración propia,2024

El análisis de los cálculos y resultados de la absorción acústica en las salas G-201 y G-202, se centra en el Índice de Reducción Sonora (R_w) y su efectividad en la mitigación del ruido. En las mediciones realizadas, se observa que, entre 315 Hz y 1250 Hz, la aislación acústica del muro divisorio es especialmente deficiente. Por lo tanto, se recomienda el tratamiento acústico del muro mediante la construcción de un sobretabique compuesto por dos planchas de cartón yeso de 12.5 mm cada una, a 100 mm del muro original, con 50 mm de lana mineral de 80 kg/m³ en su interior. Los resultados obtenidos muestran que, sin la solución acústica, el R_w total es insuficiente y está por debajo de lo recomendado para este tipo de salas. Al implementar las soluciones propuestas, se espera un incremento significativo en el índice R_w , lo que contribuirá a mejorar la calidad acústica del entorno.

4.1.2 Tratamiento Acústico Taller de Mecánica

Los resultados muestran que, sin tratamiento acústico, el Taller de Mecánica presenta tiempos de reverberación excesivamente altos, oscilando entre 3.61 y 6.30 segundos. Estos valores son considerablemente superiores a los recomendados para espacios de trabajo, lo que puede generar problemas de inteligibilidad y fatiga auditiva para los alumnos.

Con la implementación del tratamiento acústico propuesto, el tiempo de reverberación se reduce significativamente, alcanzando valores entre 0.78 y 1.12 segundos. Este rango se acerca más al tiempo de reverberación óptimo para talleres, que, según las recomendaciones de diseño acústico, debe estar en el orden de 1 segundo. Esta mejora en la acústica del taller contribuirá a crear un ambiente más propicio para la concentración y la comunicación efectiva entre los alumnos y profesores.

Para lograr esta mejora en el Taller de Mecánica, se propone la siguiente solución acústica:

- A. Cielo: Colocación de Baffles Sonoflex en el cielo del taller. Los Baffles Sonoflex son paneles acústicos suspendidos que se caracterizan por su efectividad en la absorción del sonido. Gracias a su espesor de 50 mm, estos baffles son capaces de absorber eficazmente las ondas sonoras en el taller, contribuyendo significativamente a la reducción del tiempo de reverberación.

Los tratamientos acústicos que incorporan Baffles fonoabsorbentes son altamente efectivos para disminuir los niveles de ruido en espacios interiores, logrando reducciones que oscilan entre 5 y 10 dB(A). Además, estos baffles permiten alcanzar tiempos de reverberación inferiores a 2 segundos, incluso en recintos de grandes volúmenes. Estos parámetros son fundamentales para asegurar un confort acústico adecuado en el entorno. Debido a su diseño liviano, los Baffles se pueden suspender fácilmente de diversas estructuras de techo mediante alambres tensados horizontalmente. Esta versatilidad en su instalación facilita su integración con sistemas de iluminación y aire

acondicionado, lo que contribuye a mantener la estética del espacio sin comprometer su funcionalidad acústica. [7]



Figura 4.1.2-1: Cielo de taller de mecánica, situación actual.
Fuente: Elaboración propia,2024



Figura 4.1.2-2: Presentación de solución aplicada con Baffles Sonoflex, cielo de taller de mecánica.
Fuente: Elaboración propia,2024

Especificaciones Técnicas	
Dimensiones	1.20 x 0.60 m
Espesor nominal	50 mm
Densidad	32 kg/m ³
Peso de cada Baffle	aprox. 1 Kg

Tabla 4.1.2-1 : Especificaciones técnicas de Baffles Sonoflex.
 Fuente: Sonoflex. (s.f.). Baffles BEL. <https://www.sonoflex.cl/productos/baffles-bel/>

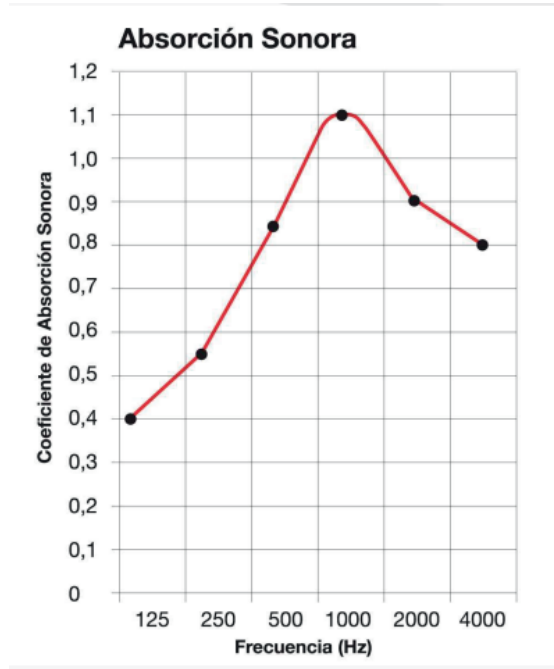


Gráfico 4.1.2-1:Absorción Sonora Baffles Sonoflex.
 Fuente: Sonoflex. (s.f.). Baffles BEL. <https://www.sonoflex.cl/productos/baffles-bel/>

- B. Muros Este y Oeste:
- a)

Panel Sandwich de terciado: de 4 mm con 40 mm de lana mineral en su interior, en los muros este y oeste del taller. Este material ayudará a absorber parte del sonido reflejado, contribuyendo a la reducción de la reverberación



Figura 4.1.2-3: Ejemplo de Panel Sandwich de terciado

- b) Lana mineral: es un material aislante, se caracteriza por sus fibras minerales blancas extrafinas, que se agrupan para formar colchonetas, frazadas, bloques y caños premoldeados, los cuales atrapan aire estático en su interior.

La lana mineral se utiliza principalmente como aislante térmico en aplicaciones industriales, así como en la aislación térmica de viviendas y edificaciones comerciales. Además, actúa como absorbente de sonido, mejorando el acondicionamiento acústico en diversos entornos.

- i. Aislación Térmica: Posee una baja conductividad térmica que varía entre 0.030 y 0.043 W/m°C a 20 °C, lo que la convierte en un excelente aislante térmico.
- ii. Absorción Acústica: Gracias a su superficie rugosa y porosa, contribuye al acondicionamiento acústico, ayudando a reducir la reverberación de los sonidos en los espacios donde se instala.
- iii. Durabilidad: Este material no pierde sus propiedades físicas con el tiempo. Es imputrescible, químicamente neutro, inodoro, no corrosivo e insoluble en agua. Además, no conduce electricidad y tiene niveles de azufre, álcalis y cloro por debajo de 100 ppm.
- iv. Incombustibilidad: La lana mineral es un material incombustible, lo que significa que no arde ni produce gases tóxicos en caso de incendio. [10]



Figura 4.1.2-4: Muro este taller de mecánica, situación actual.

Fuente: Elaboración propia, 2024



Figura 4.1.2-5: Presentación de solución aplicada con Panel Sandwich de terciado, muro este.
Fuente: Elaboración propia,2024



Figura 4.1.2-6: Muro oeste taller de mecánica, situación actual.
Fuente: Elaboración propia,2024



Figura 4.1.2-7: Presentación de solución aplicada con Panel Sandwich de terciado, muro oeste.
Fuente: Elaboración propia,2024



Figura 4.1.2-8: Lana Mineral Rollo Libre.

Fuente: Volcán. (2022). *Lana mineral: ficha técnica*. Volcán. https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/lana_mineral_ces_0.pdf

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de despacho
Colchoneta Libre	40	0,5	1,2	m²
	50	0,5	1,2	m²
	60*	0,5	1,2	m²
	80	0,5	1,2	m²
	100*	0,5	1,2	m²

Tabla 4.1.2-2: Especificaciones técnicas Lana Mineral Rollo Libre.
Fuente: Volcán. (2022). *Lana mineral: ficha técnica*. Volcán. https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/lana_mineral_ces_0.pdf

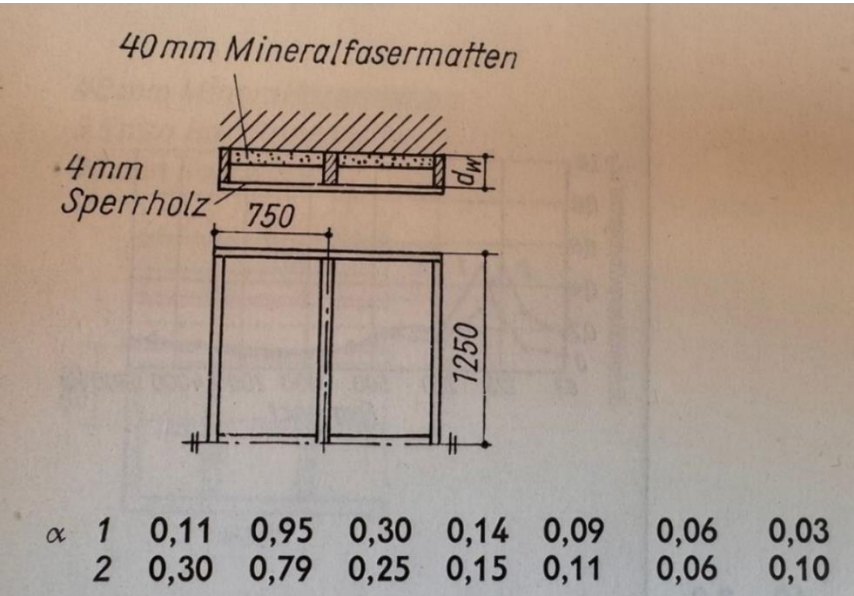


Figura 4.1.2-9: Especificaciones técnicas de construcción de Panel Sandwich Terciado con lana mineral.
Fuente: Lutz, H. (2008). *Bautechnischer Wärme- und Feuchtigkeitsschutz. Bauphysikalische Entwurfslehre* (p. 412, tabla 7, referencia 1.10)

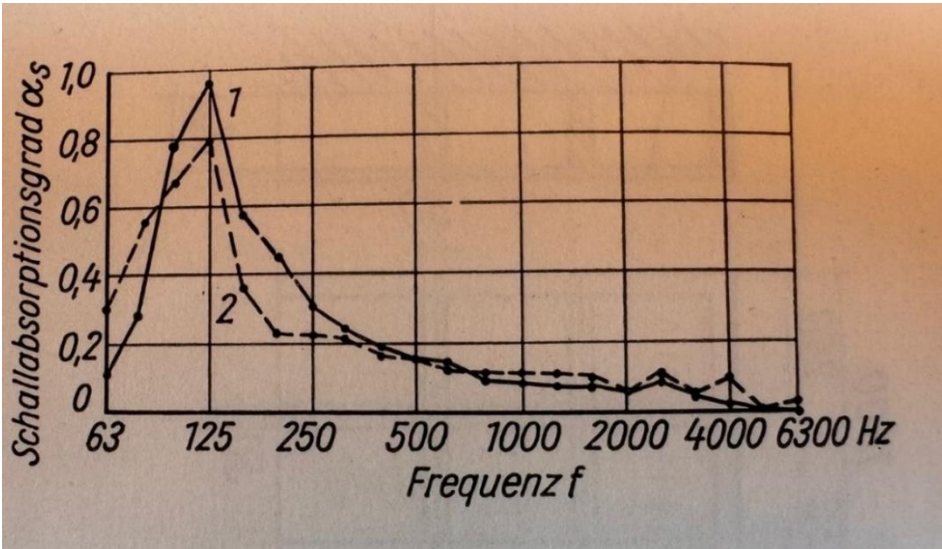


Figura 4.1.2-10: Coeficiente de absorción de Panel Sandwich Terciado con lana mineral.
Fuente: Lutz, H. (2008). *Bautechnischer Wärme- und Feuchtigkeitsschutz. Bauphysikalische Entwurfslehre* (p. 412, tabla 7, referencia 1.10)

La combinación de estos tratamientos en las superficies reflectantes del taller, junto con la absorción proporcionada por los Baffles en el cielo, permitirá alcanzar los niveles de reverberación deseados, mejorando significativamente la calidad acústica del espacio.

C. Costos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)
Baffles Sonoflex (cielo)	201.6	m²	15,000	3,024,000
Panel Sándwich	99	m²	12,000	1,188,000
- Terciado de 4 mm	99	m²	5,000	495,000
- Lana mineral (colchoneta libre Volcan de 40 mm)	99	m²	7,000	693,000
Mano de obra para instalación	1	servicio	300,000	300,000
Total, Estimado				4,512,000

Tabla 4.1.2-3: Tabla de Costos para Tratamiento Acústico Taller de Mecánica.
Fuente: Elaboración propia,2024

- Terciado de 4 mm: Se estima un costo unitario de 5,000 CLP/m² para el terciado de 4 mm. Considerando un área total de 99 m², el costo total para este material es de 495,000 CLP.
- Lana mineral (colchoneta libre Volcan de 40 mm): Se asigna un costo unitario de 7,000 CLP/m² para la lana mineral de 40 mm de espesor. Para el área total de 99 m², el costo total de este material aislante es de 693,000 CLP.

Los demás costos, incluyendo los Baffles Sonoflex para el cielo y la mano de obra para la instalación, permanecen sin cambios.

El desglose del Panel Sandwich en sus componentes individuales proporciona una visión más detallada de los costos asociados con este elemento de la solución acústica. Al conocer los costos específicos del terciado y la lana mineral, se facilita la planificación y justificación del presupuesto necesario para implementar el tratamiento acústico en el Taller de Mecánica.

D. Resultado Mediciones y cálculo de Índice de Reducción sonora *Rw*, Taller de Mecánica.

Frecuencia Hz	R'= 19 dB
100	19,3
125	16,2
160	18
200	17,1
250	17,6
315	18,5
400	19
500	19,4
630	20,5

Frecuencia Hz	R'= 19 dB
800	20,5
1000	21
1250	19,3
1600	17,8
2000	18,1
2500	18,4
3150	18,5

Tabla 4.1.2-4: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw Taller de Mecánica.
Fuente: Elaboración propia,2024

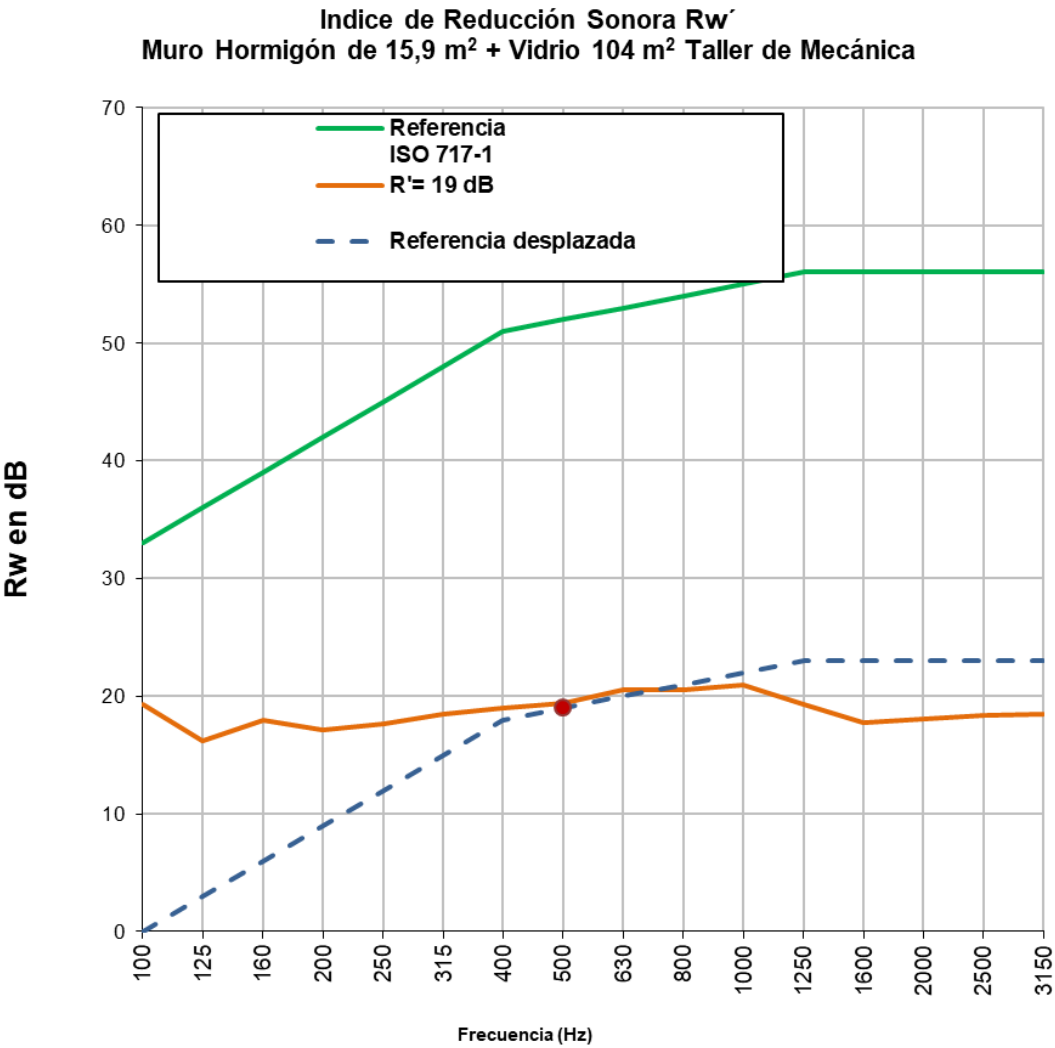


Gráfico 4.1.2-2: Cálculo de Índice de Reducción sonora Rw Taller de Mecánica, con Solución.
Fuente: Elaboración propia,2024

Rw total es deficiente, está por debajo de lo recomendado para este tipo de salas.

Frecuencia Hz	R'= 11 dB
100	13,0
125	9,9
160	10,5

Frecuencia Hz	R'= 11 dB
200	9,6
250	10,2
315	10,0
400	10,5
500	10,9
630	12,0
800	12,0
1000	12,5
1250	11,3
1600	9,8
2000	10,1
2500	10,8
3150	10,9

Tabla 4.1.2-5: Cálculo de Índice de Reducción sonora *Rw* Taller de Mecánica, con Solución.
Fuente: Elaboración propia,2024

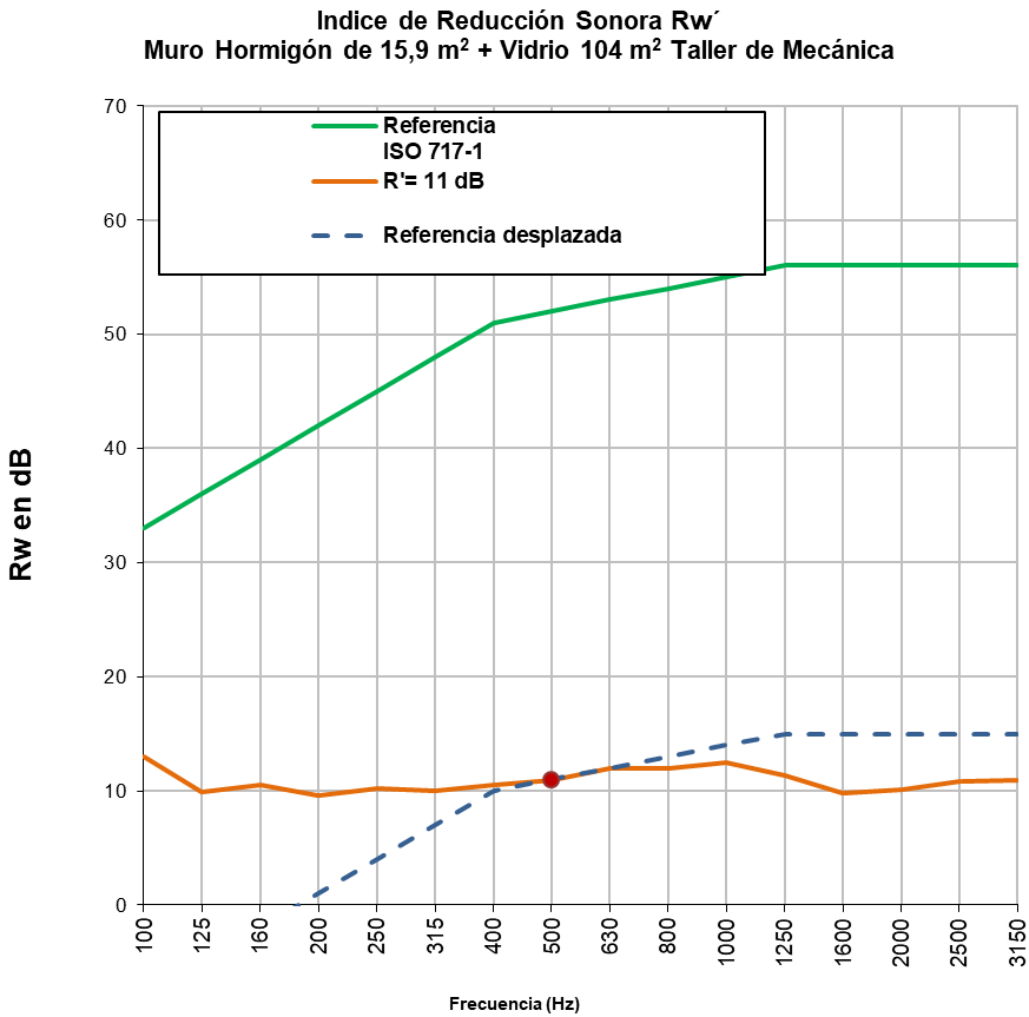


Gráfico 4.1.2-3: Cálculo de Índice de Reducción sonora *Rw* Taller de Mecánica, con Solución.
Fuente: Elaboración propia,2024

En el Taller de Mecánica, los cálculos reflejan un *Rw* deficiente entre los muros divisores con el pasillo. Las mediciones iniciales indican que el aislamiento acústico actual no cumple con los estándares necesarios para proporcionar un ambiente

adecuado para el aprendizaje y la enseñanza. Por ello, se sugiere reforzar o cambiar los ventanales existentes para incrementar la capacidad de aislamiento.

a. Reemplazo de Ventanas por Ventanas de Doble Acristalamiento:

- i. Descripción: Se recomienda reemplazar las ventanas existentes, que son de vidrio simple (3 a 4 mm de espesor), por ventanas de doble acristalamiento. Este tipo de ventanas consiste en dos paneles de vidrio separados por un espacio de aire o gas, lo que mejora significativamente el aislamiento acústico.
- ii. Beneficios:
 - Reducción del nivel de ruido exterior que ingresa al taller.
 - Mejora en la eficiencia energética, ya que el doble acristalamiento también ayuda a mantener la temperatura interior.

b. Instalación de Ventanas con Vidrio Laminado:

- i. Descripción: Utilizar vidrio laminado en las nuevas ventanas, que consiste en dos o más capas de vidrio unidas por una capa intermedia de material plástico. Este tipo de vidrio es altamente efectivo para reducir el ruido.
- ii. Beneficios:
 - Mayor reducción del sonido, especialmente en frecuencias bajas.
 - Aumento de la seguridad, ya que el vidrio laminado es más difícil de romper.

c. Uso de Sellos Acústicos en Ventanas:

- i. Descripción: Si se opta por mantener las ventanas existentes, se pueden instalar sellos acústicos alrededor del marco para minimizar las filtraciones de aire y sonido.
- ii. Beneficios:
 - Mejora del aislamiento sin necesidad de realizar un reemplazo completo.
 - Costo relativamente bajo en comparación con la instalación de nuevas ventanas.
 - Flexibilidad al permitir abrir o cerrar según sea necesario.

d. Reforzamiento Estructural del Marco de la Ventana:

- i. Descripción: Asegurarse de que el marco donde se instalan las ventanas esté bien sellado y reforzado para evitar vibraciones y resonancias que puedan permitir la entrada del ruido.
- ii. Beneficios:

- Mejora general del aislamiento acústico del taller.

La combinación de nuevas ventanas con materiales acústicos y refuerzos estructurales puede resultar en una mejora significativa en el ambiente sonoro del Taller de Mecánica, favoreciendo así la concentración y el aprendizaje en este espacio educativo.

4.1.3 Tratamiento Acústico Biblioteca, Sala de Lectura D

4.1.3.1 Sala de Lectura D-102

Los resultados del análisis acústico de la Sala de Lectura D-102 muestran una notable reducción en los tiempos de reverberación tras la implementación del tratamiento acústico. Sin tratamiento, los tiempos de reverberación oscilan entre 1.13 y 1.41 segundos, lo que se considera excesivo para un espacio destinado a la lectura y el estudio. Este nivel elevado de reverberación puede dificultar la comprensión del habla y crear un ambiente sonoro incómodo para los usuarios.

Con la aplicación del tratamiento acústico, los tiempos de reverberación se reducen significativamente, alcanzando valores de 0.42 a 0.57 segundos en la mayoría de las frecuencias. Estos niveles son óptimos para bibliotecas y espacios de aprendizaje, ya que facilitan la inteligibilidad del habla y contribuyen a un ambiente más cómodo y propicio para el estudio.

Para lograr esta mejora en la Sala D-102, es necesario implementar un tratamiento acústico específico en el cielo de la sala utilizando Sonoglas Cine de Volcán, un material reconocido por su alta efectividad en la absorción del sonido. Este material es especialmente adecuado para espacios donde se requiere un control acústico eficiente. [9]



Figura 4.1.3-1: Situación actual sala lectura D-102
Fuente: Elaboración propia, 2024



Figura 4.1.3-2: Presentación de solución aplicada con Sonoglass, sala lectura D-102
Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.3.2 Tratamiento Acústico Sala Lectura D-204

Los resultados del análisis acústico de la Sala de Lectura D-204 evidencian una mejora significativa en los tiempos de reverberación tras la implementación del tratamiento acústico. Sin tratamiento, los tiempos de reverberación oscilan entre 1.13 y 1.41 segundos, lo que se considera alto para un espacio destinado a la lectura y el estudio.

Este nivel de reverberación puede dificultar la comprensión del habla y generar un ambiente sonoro incómodo para los usuarios.

Con el tratamiento acústico, los tiempos de reverberación se reducen a valores que oscilan entre 0.49 y 0.66 segundos en las diferentes frecuencias analizadas. Estos niveles son óptimos para bibliotecas y espacios de aprendizaje, ya que facilitan la inteligibilidad del habla y contribuyen a un ambiente más cómodo y propicio para el estudio.

Para lograr esta mejora en la Sala D-204, se debe implementar un tratamiento acústico específico utilizando paneles diseñados para la absorción del sonido. Estos paneles son conocidos por su efectividad en la reducción de la reverberación y en la mejora de la calidad acústica del espacio. [9]



Figura 4.1.3-3: Situación actual sala lectura D-204
Fuente: Elaboración propia, 2024



Figura 4.1.3-4: Presentación de solución aplicada con Sonoglass, sala lectura D-204
Fuente: Elaboración propia, 2024

4.1.3.3 Tratamiento Acústico Módulos

Los resultados del análisis acústico de los módulos muestran una reducción notable en los tiempos de reverberación tras la implementación del tratamiento acústico. Sin tratamiento, los tiempos de reverberación oscilan entre 1.13 y 1.41 segundos, lo que es considerado excesivo para espacios destinados a la lectura y el aprendizaje. Este nivel elevado de reverberación puede generar dificultades en la comprensión del habla y un ambiente sonoro incómodo para los usuarios.

Con el tratamiento acústico, los tiempos de reverberación se reducen a un valor uniforme de 0.46 segundos en todas las frecuencias analizadas. Este nivel es óptimo para espacios de estudio, ya que asegura una excelente inteligibilidad del habla y un ambiente propicio para el aprendizaje. [9]

A. Características del Sonoglas Cine de Volcán

El Sonoglas Cine está fabricado en lana de vidrio y presenta varias propiedades que lo hacen ideal para el tratamiento acústico:

- a) Absorción Sonora: Este panel puede absorber hasta el 90% del sonido que llega a su superficie, mejorando la calidad del sonido y la inteligibilidad del habla, lo que disminuye el tiempo de reverberación en el interior de la sala (Tabla 4.1.1-1 : Especificaciones técnicas de Sonoglass Panel Velo Negro.)

- b) **Diseño Estético:** Su revestimiento negro no solo ayuda a eliminar la reflexión de la luz, sino que también permite una integración estética en el ambiente de la biblioteca, contribuyendo a un espacio visualmente atractivo.
- c) **Propiedades Térmicas:** Además de ser un excelente absorbente acústico, el Sonoglas Cine también actúa como aislante térmico, lo que puede contribuir a la eficiencia energética del espacio.
- d) **Resistencia y Durabilidad:** Este material es inorgánico, no promueve el desarrollo de hongos, no se corroe y es de bajo peso, lo que facilita su instalación y mantenimiento.

B. Instalación

La instalación del Sonoglas Cine se debe realizar en el cielo de las salas de lectura y módulos antes mencionados, cubriendo la totalidad de la superficie para maximizar la absorción del sonido. El panel Sonoglas Cine de 50 mm (Figura 4.1.1-2) de espesor es particularmente efectivo, ya que su diseño modular permite una fácil adaptación al espacio, garantizando un rendimiento acústico óptimo. [9]

C. Costos:

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (CLP)	Costo Total (CLP)
Área del cielo (D-102)	135.16	m²	15,000	2,027,400
Área del cielo (D-204)	141.36	m²	15,000	2,120,400
Área del cielo (Módulos D-204)	8.7	m²	15,000	130,500
Mano de obra para instalación	1	servicio	200,000	200,000
Total, Estimado				4,477,300

Tabla 4.1.3-1: Tabla de Costos para Tratamiento Acústico Biblioteca.
Fuente: Elaboración propia,2024

- a. **Área del cielo:** Se considera que el área total a cubrir en las salas D-102, D-204 y los módulos es de 285.22 m².
- b. **Sonoglas Cine Volcán:** Se estima un costo de 15,000 CLP por metro cuadrado para el material Sonoglas Cine Volcán. El costo total para cubrir el área del cielo es de 4,278,300 CLP.
- c. **Mano de obra:** Se incluye un costo estimado de 200,000 CLP para la instalación del material, que puede variar según la complejidad del trabajo y las tarifas locales.

- d. Total, Estimado: La suma de los costos de materiales y mano de obra resulta en un costo total estimado de 4,478,300 CLP para implementar la solución acústica en la Biblioteca.

Esta tabla proporciona una visión clara de los costos asociados con el tratamiento acústico propuesto, facilitando la planificación y la justificación del presupuesto necesario para mejorar la calidad acústica en la Biblioteca.

4.2 CONCLUSIÓN

La conclusión de la tesis resalta la importancia de abordar el problema del ruido en la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del Mar. A través de un análisis exhaustivo de las propiedades acústicas de los recintos, se identifican los niveles de inmisión y emisión de ruido en diversas áreas, incluyendo las salas G-201, G-202, el taller de mecánica y las salas de lectura D-102 y D-204.

La implementación de medidas de mitigación, como el tratamiento acústico en los muros y cielos de estos espacios, demuestra ser efectiva para reducir el tiempo de reverberación y mejorar la calidad acústica general. Se evidencia que el uso de materiales como Volcanita y Baffles Sonoflex contribuye significativamente a alcanzar un ambiente más propicio para el aprendizaje y la concentración, favoreciendo la comunicación entre estudiantes y docentes.

Además, se concluye que la gestión del ruido no solo se limita a la reducción de niveles decibeles, sino que también implica un enfoque integral que considera el diseño y la sostenibilidad de las soluciones propuestas. De esta manera, la tesis no solo aporta un diagnóstico sobre la situación acústica actual, sino que también ofrece recomendaciones prácticas que pueden ser implementadas para mejorar la calidad de vida de la comunidad universitaria.

Es importante destacar que se cumplieron satisfactoriamente los objetivos planteados en la tesis. Se logró implementar un plan integral de mitigación del ruido, enfocado en la identificación de los niveles de reverberación e índice de reducción sonora, lo que permitió desarrollar estrategias adecuadas para optimizar las condiciones acústicas en los recintos del campus.

Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación sirvan como base para futuras intervenciones en otras áreas del campus, promoviendo un entorno educativo más armonioso y eficiente que potencie el desarrollo académico y personal de los estudiantes. La tesis proporciona un marco valioso para la implementación de soluciones acústicas que mejoren la calidad del aprendizaje y el bienestar de la comunidad universitaria.

RECOMENDACIONES FUTURAS

Para continuar mejorando las condiciones acústicas en el campus universitario, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- A. Monitoreo Continuo:** Implementar un sistema de monitoreo continuo de los niveles de ruido en los recintos académicos para evaluar la efectividad de las soluciones implementadas y realizar ajustes según sea necesario.

- B. Capacitación:** Proporcionar capacitación a estudiantes y personal sobre la importancia del control del ruido y cómo pueden contribuir a mantener un ambiente acústico adecuado.
- C. Investigación Adicional:** Realizar estudios adicionales en otros recintos del campus que no fueron incluidos en esta investigación para identificar áreas adicionales que requieran atención acústica.
- D. Integración de Diseño Acústico:** Incluir consideraciones acústicas en el diseño arquitectónico de nuevas construcciones o remodelaciones dentro del campus para prevenir problemas futuros relacionados con el ruido.
- E. Uso de Materiales Sostenibles:** Promover el uso de materiales sostenibles y reciclados en futuras intervenciones acústicas, alineándose con las políticas ambientales de la universidad.
- F. Intervenciones Participativas:** Involucrar a la comunidad universitaria en el proceso de planificación e implementación de soluciones acústicas para asegurar que las medidas adoptadas respondan a sus necesidades y expectativas.

Se espera que estas recomendaciones contribuyan a crear un entorno educativo más armonioso y eficiente, favoreciendo el desarrollo académico y personal de los estudiantes.

5. **BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN**

1. Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (1999). *Fundamentals of acoustics*. John Wiley & Sons.
2. Kuttruff, H. (2016). *Room acoustics*. CRC Press.
3. ISO 226:2003. (2003). *Acoustics — Normal equal-loudness-level contours*. International Organization for Standardization.
4. ISO 1996-1:2016. (2016). *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. International Organization for Standardization.
5. Cañadas, M. P., & Rodríguez, A. (2013). *El ruido en el aula: Efectos sobre el aprendizaje y la salud de los alumnos*. *Revista de Educación*, 362, 239-258.
6. Volcan. (2019). Ficha técnica Aislanglass. https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/ficha_aislanglass_2019-web2-1.pdf
7. Sonoflex. (s.f.). *Baffles BEL: Paneles acústicos fonoabsorbentes*. <https://www.sonoflex.cl/productos/baffles-bel/>
8. Lutz, H. (2008). *Bautechnischer Wärme- und Feuchtigkeitsschutz. Bauphysikalische Entwurfslehre* (1ª ed.). Wiesbaden, Alemania: Vieweg+Teubner. ISBN 978-3-8348-9352-0
9. Volcán. (2017). Ficha técnica Sonoglas Cine. Volcán. <https://www.volcan.com/fichatecnica/sonoglas-cine>
10. Volcán. (2022). Lana mineral: ficha técnica. Volcán. https://volcan.cl/wp-content/uploads/2022/03/lana_mineral_ces_0.pdf
11. Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). (s.f.). IEC 61672-1:2013 - Electroacústica - Sonómetros - Parte 1: Especificaciones.
12. Instituto Alemán de Normalización (DIN). (s.f.). DIN 45645-2:1989-01 - Determinación de los niveles de ruido de inmisión - Mediciones en lugares de trabajo y en el medio ambiente.
13. Instituto Nacional de Normalización (INN). (s.f.). NCh353.Of2000 - Acústica - Medición de niveles de presión sonora y cálculo de niveles de presión sonora equivalentes ponderados A, para evaluar y verificar el cumplimiento de normas.
14. International Standard Organization (ISO). (2003). ISO 226:2003 - Acústica — Curvas normales de igual nivel de sonoridad.
15. International Standard Organization (ISO). (2016). ISO 1996-1:2016 - Acústica — Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental — Parte 1:

Cantidades básicas y procedimientos de evaluación.

16. Kuttruff, H. (2016). Room acoustics. CRC Press.
17. Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (1999). Fundamentals of acoustics. John Wiley & Sons.
18. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2011). D.S. N°38 - Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica.
19. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2012). D.S. N°46 - Aprueba reglamento para la declaración de zonas saturadas por contaminación acústica y elaboración de planes de prevención y descontaminación.
20. Beranek, L. L. (2012). *Acoustics*. Acoustical Society of America.
21. Passchier-Vermeer, W., & Passchier, W. F. (2000). Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives*, 108(Suppl 1), 123-131.
22. Cox, T. J., & D'Antonio, P. (2009). *Acoustics and psychoacoustics*. Routledge.
23. Maling, E. (2014). *Noise control in buildings: A guide to the principles of sound insulation and noise control*. Wiley.
24. Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics*, 10(2), 97-106.
25. Brüel & Kjær. (n.d.). Sound and vibration measurement. <https://www.bksv.com/>
26. Hothersall, D. C., & Dyer, M. (2017). *Noise mitigation strategies in urban environments*. *Journal of Urban Planning and Development*, 143(3), 04017012.

6. **ANEXOS**

ANEXO A: RESULTADOS DE MEDICIONES

Frecuencia (Hz)	Espectro 1/3 General		
	MEM 504	MEM 506	MEM 507
100	68,7	69,2	68,7
125	68,7	67,9	68,6
160	72,2	70,0	69,7
200	71,3	70,7	70,0
250	72,8	71,4	71,0
315	75,1	74,7	74,3
400	76,8	76,1	76,3
500	75,2	74,9	74,8
630	78,0	76,8	77,2
800	75,3	74,6	74,9
1000	77,7	77,3	77,6
1250	78,6	77,4	77,3
1600	76,6	75,4	75,4
2000	76,6	75,9	76,1
2500	78,2	77,9	78,0
3150	81,7	81,4	81,5

Frecuencia (Hz)	Espectro 1/3 General		
	MEM 508	MEM 511	MEM 512
100	45,3	44,0	39,5
125	43,8	41,8	42,6
160	41,3	41,4	42,3
200	38,8	39,3	39,2
250	39,7	40,6	39,8
315	45,0	42,4	43,7
400	44,5	44,7	45,3
500	46,2	45,4	45,4
630	47,4	47,1	47,0
800	44,5	44,7	45,0
1000	43,1	43,0	43,0
1250	39,7	40,1	40,2
1600	37,4	36,1	37,3
2000	35,6	35,0	36,2
2500	36,8	35,9	36,3
3150	37,3	36,6	36,5

Frecuencia (Hz)	Espectro 1/3 General		
	MEM 523	MEM 524	MEM 525
100	60,4	59,9	61,0
125	64,9	62,1	61,6
160	63,6	62,1	61,8
200	63,8	63,5	63,4
250	67,9	65,0	64,8
315	68,9	67,5	67,2
400	71,0	69,7	69,8
500	71,3	69,0	69,3
630	73,1	72,4	72,6
800	71,1	70,0	70,3
1000	73,4	72,9	72,8
1250	72,2	73,7	73,7
1600	71,2	72,6	72,9
2000	72,9	73,2	73,2
2500	75,4	74,3	74,4
3150	79,1	78,1	78,4

Frecuencia (Hz)	Espectro 1/3 General		
	MEM 526	MEM 527	MEM 528
100	40,8	41,2	41,7
125	46,4	47,0	47,5
160	47,4	48,3	44,8
200	47,9	49,1	49,6
250	50,9	50,7	51,3
315	51,4	51,8	52,4
400	53,4	53,0	54,5
500	53,3	52,7	53,0
630	54,0	53,5	54,9
800	51,1	51,4	52,9
1000	53,5	53,5	54,8
1250	54,4	54,5	57,5
1600	55,7	55,5	57,3
2000	56,5	56,6	57,2
2500	57,8	58,1	58,7
3150	61,7	61,7	62,4

ANEXO B: CÁLCULOS ACÚSTICOS

OBJETO : Sala G-201		Volumen: 173,3 m³						
VARIANTE: T								
RESULTADO: Total A-Superficie (abs eq) (m²)		ATOT	49	57	61	61	58	59
Tiempo de Reverberación (sec)		T	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cdad m	Descripción	KURZ	125	250	500	1000	2000	4000
Tiempo de Reverberación existente		sec	100	100	100	100	100	100
A- Superf de abs eq existente		(m²)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0	Cielo	S/R	0,12	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
		A	0	0	0	0	0	0
20,88	Muro Norte	t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
		A	3,1	1	0,6	0,6	0,4	0,4
24,07	Muro Este	a004	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
		A	1	1	1,2	1,4	1,4	1,4
20,88	Muro Sur	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	0,4	0,4	0,6	0,8	1	1
24,07	Muro Oeste	t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
		A	3,6	1,2	0,7	0,7	0,5	0,5
11,25	Ventana Este	14	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		A	3,9	2,8	2	1,4	0,8	0,5
2	Puerta	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
5,76	Pizarrón	t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
		A	0,9	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
59,76	Suelo Baldosa	12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
		A	0,6	0,6	0,6	1,2	1,2	1,2
59,76	Cielo Sonoglas Cine Volcan	a039	0,58	0,82	0,91	0,9	0,88	0,9
		A	34,7	49	54,4	53,8	52,6	53,8

OBJETO : Taller Mecánico		Volumen: 1151 m³						
VARIANTE: T								
RESULTADO: Total A-Superficie (abs eq) (m²)		ATOT	221	168	213	242	220	197
Tiempo de Reverberación (sec)		T	0,9	1,1	0,9	0,8	0,9	1
Cdad m²	Descripción	KURZ	125	250	500	1000	2000	4000
Tiempo de Reverberación existente		sec	100	100	100	100	100	100
A- Superf de abs eq existente			1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
209,28	Piso Taller Hormigón Pulido	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	4,2	4,2	6,3	8,4	10,5	10,5
59,514	Cielo Ventanal	t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
		A	8,9	3	1,8	1,8	1,2	1,2
209,28	Cielo Zincaalum	a004	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
		A	8,4	8,4	10,5	12,6	12,6	12,6
15,936	Muro Norte Concreto	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8
103,68	Muro Norte Ventanal	9	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
		A	18,7	6,2	4,1	3,1	2,1	2,1
0	Muro Este Concreto	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	0	0	0	0	0	0
53,76	Muro Sur Concreto	a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
		A	1,1	1,1	1,6	2,2	2,7	2,7
0	Muro Oeste sin pared, reja	t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
		A	0	0	0	0	0	0
3,2	Puerta Norte vidrio	14	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		A	1,1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
4,32	Puerta Norte Grande	14	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		A	1,5	1,1	0,8	0,5	0,3	0,2
3,52	Puerta Sur Madera	11	0,25	0,2	0,04	0,04	0,04	0,04
		A	0,9	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1
201,6	Baffles Sonoflex	15	0,4	0,55	0,85	1	0,9	0,8
		A	80,6	111	171	202	181	161
49,05	Muro Oeste Terciado 4 mm	16	0,95	0,3	0,14	0,09	0,06	0,03
		A	46,6	14,7	6,9	4,4	2,9	1,5
49,05	Muro Este Terciado 4 mm	16	0,95	0,3	0,14	0,09	0,06	0,03
		A	46,6	14,7	6,9	4,4	2,9	1,5

OBJETO : Biblioteca Sala Lectura D-102			Volumen: 351,4 m³								
VARIANTE: T											
RESULTADO			Total A-Superficie (abs eq)	(m²)	ATOT	101	123	135	136	132	135
			Tiempo de Reverberación	(sec)	T	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Cdad m²	Descripción				KURZ	125	250	500	1000	2000	4000
	Tiempo de Reverberación existente				sec	100	100	100	100	100	100
	A-Superf de abs eq existente				(m²)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0	Cielo		S/R	0,12	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
			A	0	0	0	0	0	0	0	
27,3	Muro Norte		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	4,1	1,4	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	
17,42	Muro Este		a004	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	
			A	0,7	0,7	0,9	1	1	1	1	
18,72	Muro Sur Ventanal		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	2,8	0,9	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	
10,4	Muro Sur concreto		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	1,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	
18,2	Muro Oeste Concreto		a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	
			A	0,4	0,4	0,5	0,7	0,7	0,9	0,9	
36,6	Muro Oeste Ventanal		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	5,5	1,8	1,1	1,1	1,1	0,7	0,7	
3,624	Puerta Costado		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
4,08	Puerta Frente		t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
			A	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
98	Pilares		a004	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	
			A	3,9	3,9	4,9	5,9	5,9	5,9	5,9	
135,16	Suelo		12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	
			A	1,4	1,4	1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	
2,86	Pizarra		t 005	0,2	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06	0,1	
			A	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	
135,16	Cielo Sonoglas Cine Volcan		a039	0,58	0,82	0,91	0,9	0,9	0,88	0,9	
			A	78,4	111	123	122	122	119	122	

OBJETO : Biblioteca Sala Lectura D-204			Volumen: 409,9 m³								
VARIANTE: T											
RESULTADO			Total A-Superficie (abs eq)	(m²)	ATOT	101	124	135	136	132	135
			Tiempo de Reverberación	(sec)	T	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cdad m²	Descripción				KURZ	125	250	500	1000	2000	4000
	Tiempo de Reverberación existente				sec	100	100	100	100	100	100
	A-Superf de abs eq existente				(m²)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0	Cielo				S/R	0,12	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
					A	0	0	0	0	0	0
11,16	Muro Norte Concreto				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	1,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2
24,8	Muro Norte Ventanal				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	3,7	1,2	0,7	0,7	0,5	0,5
33,06	Muro Oeste Concreto				a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
					A	0,7	0,7	1	1,3	1,7	1,7
11,16	Muro Sur Concreto				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	1,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2
24,8	Muro Sur Ventanal				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	3,7	1,2	0,7	0,7	0,5	0,5
10,26	Muro Este Concreto				a002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
					A	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
22,8	Muro Este Ventanal				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	3,4	1,1	0,7	0,7	0,5	0,5
5,8	Puerta Costado				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	0,9	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
5,8	Puerta Principal				t 002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
					A	0,9	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
141,36	Piso				12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
					A	1,4	1,4	1,4	2,8	2,8	2,8
141,36	Cielo Sonoglas Cine Volcan				a039	0,58	0,82	0,91	0,9	0,88	0,9
					A	82	116	129	127	124	127

OBJETO : Biblioteca Módulos			Volumen: 25,23 m³						
VARIANTE: T									
RESULTADO: Total A-Superficie (abs eq) (m²)			ATOT	9	9	9	9	9	9
Tiempo de Reverberación (sec)			T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ciudad m²	Descripción		KURZ	125	250	500	1000	2000	4000
	Tiempo de Reverberación existente		sec	100	100	100	100	100	100
	A-Superf de abs eq existente		(m²)	0	0	0	0	0	0
0	Cielo		S/R	0,12	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
2,7	Muro Norte concreto		A002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
6	Muro Norte Ventanal		t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
2,61	Muro Este Concreto		A002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
2,72	Muro Este Pizarra		t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
1,68	Muro Este Ventanal		t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
8,7	Muro Sur Ventanal		t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
2,61	Muro Oeste Concreto		A002	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
2,72	Muro Oeste Pizarra		t002	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
1,68	Muro Oeste Ventana		A004	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
8,7	Suelo		12	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
8,7	Cielo Sonoglas Cine Volcan		A039	0,58	0,82	0,91	0,9	0,88	0,9

ANEXO C: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ADICIONALES

SONOGLASS CINE

Los paneles Sonoglass Cine están fabricados en lana de vidrio en colchoneta de color negro y textura uniforme. La cara a la vista de esta colchoneta está revestida por un tissue de color negro de alta resistencia al roce, para eliminar la reflexión de la luz, por lo que su uso es ideal para lugares donde se requiera una alta absorción de la luz. Este panel absorbente de sonido, está diseñado para ser instalado en muros y cielo, por lo que es fabricado con un espesor de 50 mm, en dos dimensiones de modulación, 1200 x 600 mm, para muros y 1220 x 610 mm para cielos.

El Panel Sonoglass Cine permite lograr un equilibrio perfecto entre el control de la reverberación, la estética y los altos requerimientos de materiales de baja combustibilidad en las obras de arquitectura, concebido como revestimiento para cielos y muros de salas que tengan altos requerimientos de absorción sonora, con una terminación lisa.

Sonoglass Cine absorbe hasta el 90% del sonido que llega a su superficie, contribuyendo a mejorar la calidad del sonido y la inteligibilidad de la palabra, disminuyendo el tiempo de reverberación al interior de los recintos. El valor del Coeficiente de reducción de ruido, NRC, es de 0,9.

Ventajas

- Proporciona un excelente rendimiento acústico ayudando a controlar la reverberación.
- Superficie negra, especialmente formulada para eliminar la reflexión de la luz.
- Aislante térmico y absorbente acústico.
- Dimensionalmente estable.
- Inorgánico, no promueve el desarrollo de hongos.
- No se corroe.
- Producto no combustible.
- Fácil de instalar.
- Panel Sonoglass Cine es fabricado en Chile, lo que garantiza su disponibilidad de reposición.
- Bajo peso por metro cuadrado.

Certificado 852.146 - IDIEM



Aplicaciones

- Cines
- Auditorios
- Salas de Conferencia
- Teatros
- Restaurantes
- Discotecas
- Tiendas y Centros Comerciales
- Barreras acústicas
- Silenciadores
- Estudios de grabación
- Salas de audio
- Salas de máquinas

Embalaje

Sonoglass Cine Cielo: Paquete de 7 unidades
Sonoglass Cine Muro: Paquete de 7 unidades

Instalación Cielo

Perfil tipo 15/16", 24 mm de ancho visible.
Peso en Kg/m²: 1,6

www.volcan.cl / asistencia técnica 600 399 2000



Oficina General: Agustinas 1357, Piso 10, Santiago /Tel.: (56-2) 2483 0500. **Sucursal Antofagasta:** Pedro Aguirre Cerda N° 15.600 18-C /Tel.: (56-55) 2466 240. **Sucursal Coquimbo:** Ruta D-43 N°701, Bodega A2, Centro Empresarial, Barrio Industrial / Tel.: (56-2) 2616 2750. **Sucursal Valparaíso:** Octava Avenida 1153, Placilla Oriente / Tel.: (56-2) 2483 0570. **Sucursal Concepción:** Camino a Coronel Km. 10, MegaCentro San Pedro 5580, Módulo 18-E, San Pedro de la Paz / Tel.: (56-41) 238 7984. **Sucursal Puerto Montt:** Ruta 5 Sur, Km 1025 camino Pargua, MegaCentro Bordesur, Bodega 3°-4 / Tel.: (56-65) 224 5131

Septiembre 2017 – La información contenida en este impreso es entregada por VOLCAN a modo referencial a la fecha de impresión del mismo, debiendo ser evaluada por el usuario según las condiciones del proyecto específico en que se apliquen los productos o soluciones indicadas. En virtud de lo anterior VOLCAN, como resultado de su proceso de búsqueda de soluciones cada vez más eficientes, puede modificar la información entregada por este impreso sin previo aviso.



AISLANGLASS

LANA DE VIDRIO

AislanGlass es un producto fabricado a altas temperaturas fundiendo arenas con alto contenido de sílice más otros insumos, el resultado final es un producto fibroso de óptimas propiedades de aislamiento térmico y acústico, de elevada resiliencia y estabilidad dimensional. Es posible obtener productos en múltiples formatos tales como rollos, paneles u otros, de variados espesores, densidades y que pueden tener diferentes revestimientos adicionales. AislanGlass es un producto de uso en el sector habitacional e industrial, de preferencia como material componente de soluciones constructivas que contemplen aislación térmica y acústica de tabiques, techumbres, pisos, muros perimetrales de viviendas, galpones y talleres industriales. Sus principales características tienen relación con la aislación térmica y el aislamiento acústico, reportando como beneficio altos estándares de confort en la vivienda y considerables ahorros de energía, además de ser calificado como material incombustible. La función de la lana de vidrio AislanGlass aplicada como aislante térmico en la construcción, es la de evitar pérdidas o ganancias de temperatura a través del complejo cielo-techumbre, muros y pisos, logrando con esto mantener en el interior de la vivienda un alto confort térmico. Adicionalmente, contribuye a mejorar el confort acústico y la calidad de vida de los usuarios de las viviendas. Dependiendo del revestimiento aplicado en una de sus caras (aluminio, papel kraft, velo de vidrio o polipropileno) es posible mejorar sus prestaciones respecto a una menor permeancia al vapor de agua, mayor reflectancia luminica, mayor capacidad radiante de calor, terminación y rendimiento acústico.

Transporte

La lana de vidrio AislanGlass es despachada desde fábrica, empaquetada en cantidades prefijadas.

Almacenamiento

Para un correcto almacenamiento de los paquetes de lana AislanGlass, mientras no se vaya a usar, se recomienda ubicarlos bajo techo. Durante la faena de construcción, para proteger los paquetes de un día para otro, es recomendable taparlos con láminas de papel o plásticos para evitar que se mojen con el agua de lluvia.

Principales razones para aislar con lana de vidrio AislanGlass:

Alto poder de aislación térmica

AislanGlass presenta una elevada resistencia al paso de flujos calóricos entre un ambiente acondicionado y su entorno, debido a su alta Resistencia Térmica (R).

Gran absorción acústica

AislanGlass otorga los beneficios de absorción y aislación acústicas, ya que su estructura elástica amortigua las ondas sonoras incidentes, logrando un excelente nivel de acondicionamiento acústico de ambientes y reducción de ruidos desde el entorno.

Ahorro de energía

AislanGlass favorece la economía del hogar al impedir pérdidas de calor, lo cual redundará en menores gastos de energía. Se presta particularmente bien para la aislación de techumbres, pues cubre completamente la superficie sin dejar intersticios.



AISLANGLASS

Seguridad para las personas

AislanGlass no es inflamable ni combustible, no contribuye a la propagación del fuego y tampoco genera gases tóxicos, los cuales son nocivos para la salud.

Durabilidad y confiabilidad

AislanGlass es químicamente inerte, presenta alta estabilidad dimensional con el paso del tiempo (no se asienta), es imputrescible, no se ve afectada por la humedad y no es atacada por plagas como ratones, pájaros o insectos. Todo lo anterior hace que su capacidad de aislación térmica y acústica se mantenga inalterada con el paso del tiempo.

Excelente trabajabilidad

AislanGlass es liviano, fácil de cortar (con cuchillo cartonero), manipular y se amolda sin complicaciones a las irregularidades de las construcciones y superficies en donde se instala. Para su manipulación, se aconseja utilizar guantes de cuero o algodón, máscara respiratoria, lentes con escudos laterales y ropa con mangas largas.



PRODUCTOS AISLANGLASS

Rollo Libre

Rollo flexible sin revestimientos. Es un producto de lana de vidrio AislanGlass que se entrega en forma de rollos, con un ancho de 0.60 m ó 1.20 m y de longitud que puede ser de hasta 20 metros (se pueden fabricar largos mayores a pedido). El material no lleva ningún tipo de recubrimiento y tiene una extraordinaria flexibilidad durante su instalación. Su gran longitud le permite minimizar el tiempo de instalación y reducir los puentes térmicos. Además, su envasado de alta compresión permite durante el transporte y manipulación un excelente comportamiento, evitando el deterioro del producto y logrando una disminución considerable de los costos de flete.

Principales aplicaciones

Aislación de tabiques, cielos modulares y techumbres.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R 100
Rollo Libre	40	0,6 / 1,2	24	94
Rollo Libre	50	0,6 / 1,2	12/24	122
Rollo Libre (*)	50	0,60	10,0	122
Rollo Libre	60	0,6 / 1,2	12,0	141
Rollo Libre	80	0,6 / 1,2	9,6	188
Rollo Libre (*)	80	0,60	8,3	188
Rollo Libre	100	0,6 / 1,2	7,5	235
Rollo Libre	120	1,20	7,5	282
Rollo Libre	140	1,20	7,5	329
Rollo Libre	160	1,20	7,5	376

Los Rollos de 0,6 m de ancho se venden en 2 unidades por paquete.

Los Rollos de 1,2 m de ancho se venden en 1 unidad por bolsa.
(*)Presentación de 1 unidad por paquete.

Rollo Papel Una Cara

Rollo flexible con papel kraft como soporte mecánico y barrera de vapor por una de sus caras. Es un rollo libre, al que se le adhiere en una de sus caras un recubrimiento en base a papel kraft con polietileno. La adhesión es permanente y resistente a los esfuerzos mecánicos aplicados durante su instalación. Además, gracias al delgado film de polietileno fundido en la zona de contacto de la lana y el papel, sus índices de permeancia al vapor de agua son muy bajos, lo que le confiere excelentes propiedades como barrera al vapor. En estos casos, el papel enfrenta el ambiente de mayor temperatura. Además, este recubrimiento mejora la autosustentación del producto en las soluciones constructivas en que se utiliza.

Principales aplicaciones

Aislación de tabiques, cielos modulares, techumbres y muros perimetrales.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R 100
Rollo Papel 1 Cara	40	1,20	24,0	94
Rollo Papel 1 Cara	50	1,20	12/24	122
Rollo Papel 1 Cara	60	1,20	12,0	141
Rollo Papel 1 Cara	80	1,20	9,6	188
Rollo Papel 1 Cara	100	1,20	7,5	235
Rollo Papel 1 Cara	120	1,20	7,5	282
Rollo Papel 1 Cara	140	1,20	7,5	329
Rollo Papel 1 Cara	160	1,20	7,5	376

Los Rollos se venden en 1 unidad por paquete.

Rollo Aislanroll

Rollo flexible con papel aluminio por una de sus caras como soporte mecánico, barrera al vapor y terminación interior. En este tipo de productos AislanGlass, el recubrimiento utilizado es un complejo de foil aluminizado reforzado. La adhesión de la lana de vidrio y el complejo se realiza por termofusión del film de polietileno de este último. Adicionalmente, a las prestaciones mecánicas y de barrera al vapor, el film de aluminio le confiere al producto una mayor reflectancia luminica, sumados a una fina terminación ideal para galpones industriales y recubrimiento de ductos de aire acondicionado.

Principales aplicaciones

Aislación de techumbre de galpones industriales y ductos de aire acondicionado.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rollo AislanRoll	50	1,2	12	122

Los Rollos se venden en 1 unidad por paquete.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² %/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

Polipropileno Blanco

Rollo flexible recubierto por una de sus caras con un film de polipropileno blanco. En este tipo de productos AislanGlass en rollos, el recubrimiento utilizado es un complejo de polipropileno blanco reforzado. Esta característica le confiere una gran ventaja adicional, respecto al alto coeficiente de reflectancia luminica, propio de una superficie blanca y reflectante. Se utiliza principalmente en terminaciones a la vista de galpones industriales, talleres, salas de secado, etc.

Principales aplicaciones

Aislamiento de galpones industriales.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rollo Polipropileno	50	1,2	20	116
Rollo Polipropileno	75	1,2	9,6	174

Los Rollos se venden en 1 unidad por paquete.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² %/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

Panel Papel Una Cara

Panel con papel kraft como barrera al vapor por una de sus caras, al cual se le adhiere, mediante un proceso térmico, un revestimiento de papel kraft con un film de polietileno. Este revestimiento le confiere al panel una extraordinaria capacidad de actuar como barrera al vapor, mejorando también su resistencia mecánica.

Principales aplicaciones

Aislación de tabiques, techumbres, muros perimetrales y acondicionamiento acústico de ambientes.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Panel Papel de 1 Cara	50	0,6	1,2	127
Panel Papel de 1 Cara	60	0,6	1,2	152

Los Paneles se venden en 12 unidades por paquete.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² %/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

Panel Libre

Panel rígido autosustentable sin revestimiento. Corresponde a un producto de lana de vidrio AislanGlass cuyas dimensiones estándares son: ancho 0.60 y largo de 1.20 m, y que pueden tener variados espesores y densidades. Los productos se entregan empaquetados con varias unidades, mediante plástico termocontrable que le permiten un óptimo manejo durante su transporte. Las dimensiones de los paneles pueden ser modificados. Dependiendo de su densidad, pueden clasificarse como paneles livianos o paneles pesados.

Principales aplicaciones

Aislación de tabiques, techumbres y acondicionamiento acústico de ambientes.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Panel Libre	50	0,6	1,2	131
Panel Libre	60	0,6	1,2	154

Los Paneles se venden en 12 unidades por paquete.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² %/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

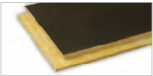


Sonoglass Panel Velo Negro

Panel recubierto con velo de vidrio negro en una de sus caras. La lana de vidrio AislanGlass, dependiendo de su densidad y espesor, tiene excelentes propiedades para disminuir la transmisión sonora y la reverberancia de ruidos. Dentro de la habitación, estas propiedades acústicas atenúan el ruido excesivo que induce a la fatiga, baja productividad en el trabajo, interferencia en la comunicación y en el caso extremo, puede causar pérdida de audición.

Principales aplicaciones

Acondicionamiento acústico en grupos generadores, sistemas de climatización, salas de espectáculos e industrias.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Panel Velo Vidrio	50	1,2	2,4	145

Los Paneles se venden en 12 unidades por paquete.

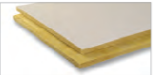
El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² °K/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

SonoGlass Cielo Absorbente Blanco

Panel AislanGlass recubierto con PVC gofrado. Placas de lana de vidrio, revestidas en una de sus caras con un PVC texturado blanco. Esto permite sumar las propiedades de la lana de vidrio AislanGlass, aislante térmico y absorbente acústico, con la reflectancia del PVC. Por otra parte, el PVC minimiza la permeancia al vapor. CieloGlass puede instalarse con perfilera modular liviana.

Principales aplicaciones

Cielos Modulares.



Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100	Unidad de despacho
Cielo Modular	16	0,61	1,22	43	16 Paneles por Caja *

(*) Consultar por medidas especiales.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² °K/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.

Hidrorrepelente

Rollos y paneles de lana de vidrio hidrorrepelentes. AislanGlass hidrorrepelente es un rollo o panel de lana de vidrio tratado con emulsiones especiales, cortado a medida para su fácil colocación en techos, directamente bajo las tejas. AislanGlass hidrorrepelente no absorbe agua ni humedad, manteniendo inalterables sus propiedades térmicas y dimensionales a lo largo del tiempo.

Principales aplicaciones

Aislación térmica de techos, poniéndolo bajo tejas y en ambientes húmedos. Aislación acústica y térmica de conductos técnicos forrando los caños con rollos papel una cara.



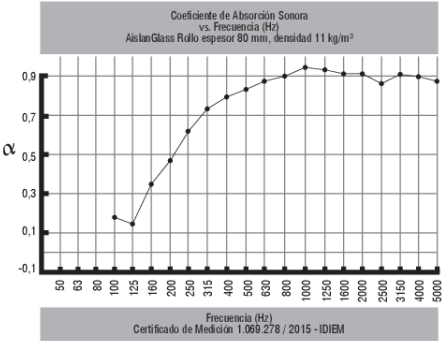
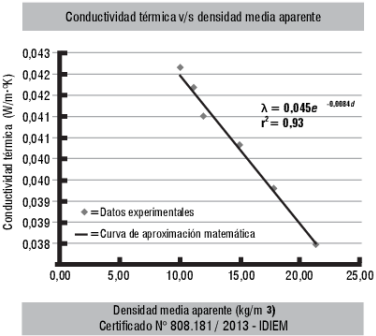
	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	R100
Rollo Hidrorrepelente	50	0,6	24	116
Panel Hidrorrepelente	100	0,6	1,20	278

Los Paneles se venden en 12 unidades por paquete. Los Rollos se venden en 1 unidad por paquete.

El factor R100 indica la capacidad de aislación térmica y sus unidades son (m² °K/W)x100. Todos los productos AislanGlass cumplen con la norma NCh 1071.



Características técnicas de la lana de vidrio AislanGlass



Determinación de la no combustibilidad de los materiales de construcción						
Ensayo	Temperatura inicial del horno	Incremento Temperatura °C			Duración de llama sostenida	Pérdida de masa
Nº	°C	horno		centro	s	%
		Δ Ti	Δ Ts	Δ Tc		
1	750	5	0	5	0	7,3
2	753	10	6	5	0	6,6
3	748	3	7	5	0	5,8
4	750	5	1	7	0	7,2
5	749	4	4	9	0	4,5
Media		5,4	3,6	6,2	0	6,2
Muestra clasificada como M 0 según norma UNE 23.102-90						
Certificado N° 21000469 / LGAI						

Elementos de Toxicidad Características (Test TCLP)		
Elemento	Concentración mg/l	Concentración Máxima Permissible DS148 (mg/l)
Piomo	<0,2	5,0
Cadmio	<0,05	1,0
Mercurio	<0,01	0,2
Cromo	<0,1	5,0
Bario	<5	100,0
Selenio	<0,2	1,0
Arsénico	<0,2	5,0
Fenol	n.s.d.	-----
Formaldehído	n.s.d.	-----
Material atóxico según evaluación método EPA 1311		
Certificado SQC 32510 / CESMEC		

Surface Burning Characteristics		
Material	Flame Spread	Smoke Developed
AislanGlass R _{iso} 188 [m² ·K/W]	15	0
Material es incombustible según norma ASTM E-84-00		
Certificado N° FH / 1231 / NGC		

Diámetro de Fibra de Vidrio AislanGlass (Por microscopía electrónica de barrido)	
Diámetro de fibra más representativo: entre 4 y 7 micras	
Certificado N° 243.210 / IDIEM	

Ensayo	Estándar	Institución Ejecutora	País	Nº Certificado	Fecha Certificado	Producto AislanGlass
Conductividad Térmica	NCh 850 Of.83	IDIEM	Chile	808.181	13.05.2014	Rollo libre, densidades variables(kg/m³): 50,5 - 39,5 - 28,2 - 18,5 - 17,2 - 15,2 14,1 - 13,5 - 13,4 - 12,5 - 9,8
Coefficiente de Absorción Sonora	ISO 354	IDIEM	Chile	1.069.278	06.01.2016	Rollo libre, 80 mm espesor
No Combustibilidad	NCh 1914	IDIEM	Chile	876.848	02.01.2014	Rollo libre, 50 mm espesor
Reacción al Fuego	UNE 23.727-90	LGAi	España	21000469	18.01.2001	Rollo libre, 13,5 kg/m³, 80 mm espesor, R100: 188 m²·°C/W
Surface Burning Characteristics	ASTM E-84-00	NGC Testing Services	U.S.A	FH-1231	06.02.2001	Rollo libre, 13,5 kg/m³, 80 mm espesor, R100: 188 m²·°C/W
Análisis de Toxicidad	EPA 1311	CESMEC	Chile	SQC - 32510	12.06.2015	Lana de Vidrio AislanGlass
Diámetro de Fibra de Vidrio AislanGlass		IDIEM	Chile	243.210	26.11.1999	Lana de Vidrio AislanGlass

Reglamentación Térmica Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

La presente reglamentación, actualmente vigente, tiene por principal objetivo el de mejorar el confort habitacional de la población, reduciendo y optimizando el consumo de energía por conceptos de calefacción y disminuyendo también la contaminación intradomiciliaria.

Título 4
De la Arquitectura
Capítulo I
De las Condiciones de Habitabilidad

Artículo 4.1.10.
Todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

1.- El complejo de techumbre de la vivienda, entendido éste como el conjunto de elementos que la conforman, en adelante el complejo techumbre, deberá tener una transmitancia térmica «U» igual o menor, o una resistencia térmica «R» igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda a la localidad de la comuna en que se ubique el proyecto, de acuerdo a los planos aprobados por resoluciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla.

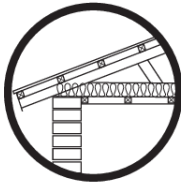
Zonas	Transmitancia Térmica "U" (°W (m² K)	Resistencia Térmica "R" (°°) (m² K)KW
1 Arica-Iquique-Antofagasta-La Serena	0,84	1,19
2 Calama-Ovalle-Viña del Mar-Valparaíso	0,60	1,66
3 Metropolitana-Rancagua-Chimbarongo	0,47	2,13
4 Vichuquén-Talca-Concepción-Mulchén	0,38	2,60
5 Traiguén-Temuco-Villarica-Osorno	0,33	3,07
6 Panguipulli-Puerto Montt-Chaitén	0,28	3,54
7 Palena-Porvenir-Puerto Aysén	0,25	4,01

(*)(**) Según la norma térmica NCh 849:w = Flujo térmico.
K = Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Para efecto de cumplir con las condiciones establecidas en el punto 1 de la normativa, puede optar por la siguiente alternativa: Especificar un material aislante térmico rotulado, adosado al elemento cielo del complejo techumbre, cuyo R100 mínimo, rotulado según la NCh 2251, sea el siguiente:

Zonas	Factor R100(***) mínimo	AislanteGlass® mm
1 Arica-Iquique-Antofagasta-La Serena	94	40
2 Calama-Ovalle-Viña del Mar-Valparaíso	141	60
3 Metropolitana-Rancagua-Chimbarongo	188	80
4 Vichuquén-Talca-Concepción-Mulchén	235	100
5 Traiguén-Temuco-Villarica-Osorno	282	120
6 Panguipulli-Puerto Montt-Chaitén	329	140
7 Palena-Porvenir-Puerto Aysén	376	160

(***) Según la norma térmica NCh 849:w = Flujo térmico.
K = Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.



Principales normas chilenas relativas al campo de la Aislación Térmica y Acústica

NCh 849.Of.87 Aislación térmica - Transmisión térmica - Terminología, magnitudes, unidades y símbolos.

NCh 850.Of.83 Aislación térmica - Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda.

NCh 851.Of.83 Aislación térmica - Determinación de coeficientes de la transmisión térmica por el método de la cámara térmica.

NCh 853.Of.91 Acondicionamiento térmico - Envoltente térmica de Edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

NCh 1071.Of.84 Aislación térmica - Lana Mineral - Requisitos.

NCh 1079.Of.77 Arquitectura y Construcción - Zonificación climática - habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

NCh 1960.Of.89 Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas.

NCh 1971.Of.86 Aislación térmica - Cálculos de temperaturas en elementos de construcción.

NCh 2014.Of.87 Acondicionamiento térmico - Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar riesgo de condensación superficial.

NCh 2251.Of.94 Aislación térmica - Resistencia térmica de materiales de construcción.

NCh 1980.Of.88 Acondicionamiento Térmico - Aislación Térmica - Condensaciones superficiales.

NCh 2457.Of.2001 Permeabilidad; vapor de agua.

NCh 352/1.Of.2000 Aislación acústica.

www.volcan.cl / asistencia técnica 600 399 2000



Oficina General: Agustinas 1357, Piso 10, Santiago / Tel.: (56-2) 2483 0500. Sucursal Antofagasta: Pedro Aguirre Cerda N° 15.600 18-C / Tel.: (56-55) 2466 240. Sucursal Coquimbo: Ruta D-43 N°701, Bodega A2, Centro Empresarial, Barrio Industrial / Tel.: (56-2) 2616 2750. Sucursal Valparaíso: Octava Avenida 1153, Placilla Oriente / Tel.: (56-2) 2483 0570. Sucursal Concepción: Camino a Coronel Km. 10, Megacentro San Pedro 5580, Módulo 18-C, San Pedro de la Paz / Tel.: (56-41) 238 7994. Sucursal Puerto Montt: Ruta 5 Sur, Km 1025 camino Pargua, Megacentro Bordesur, Bodega 9°-4 / Tel.: (56-65) 224 5131

Agosto 2017 – La información contenida en este impreso es entregada por VOLCAN a modo referencial a la fecha de impresión del mismo. Dado que se evalúa por el usuario según las condiciones del proyecto específico en que se apliquen los productos o soluciones indicadas. En virtud de lo anterior VOLCAN, como resultado de su proceso de búsqueda de soluciones cada vez más eficientes, puede modificar la información entregada por este impreso de pronto caso.



Baffle BEL

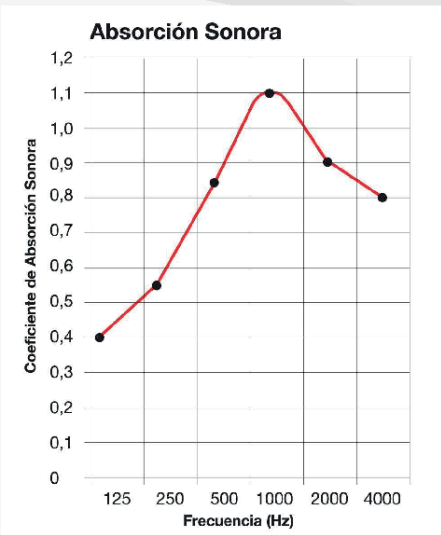
Acondicionamiento acústico para recintos de grandes volúmenes.



DESCRIPCIÓN

Los Baffles BEL® son un complemento a la línea de fonoabsorbentes FONAC®, diseñados y producidos para responder a diversos requerimientos dentro de la acústica arquitectónica y del control de ruido industrial.

Estos elementos ofrecen la opción más conveniente para la reducción de niveles sonoros no deseados en recintos de grandes dimensiones. Al mismo tiempo, logran la disminución de la reverberación, cubriendo de este modo las necesidades de acondicionamientos acústico - ambiental.



Especificaciones Técnicas

Dimensiones	1.20 x 0.60 m
Espesor nominal	50 mm
Densidad	32 kg/m³
Peso de cada Baffle	aprox. 1 Kg

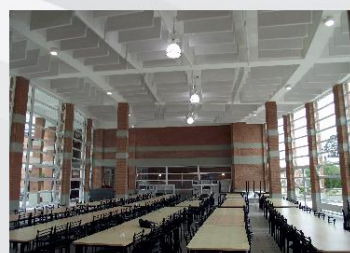


Baffle BEL

Acondicionamiento acústico para recintos de grandes volúmenes.

Los Baffles BEL® fonoabsorbentes incorporan una elevada absorción sonora que es el resultado de la sumatoria de su propia capacidad de absorción y el incremento que surge de las reflexiones de onda entre sus caras absorbentes enfrentadas.

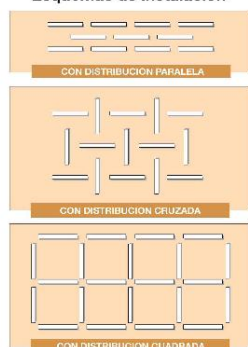
Los tratamientos acústicos con Baffles BEL® fonoabsorbentes logran reducir los niveles de ruido al interior entre 5 y 10 dB(A) y además, permiten alcanzar tiempos de reverberación inferiores a 2 segundos, incluso en espacios de grandes volúmenes. Estos valores aseguran un excelente confort acústico tradicional. Por su liviandad, se suspenden fácilmente de cualquier tipo de estructura de techo por medio de alambres tensados horizontalmente. Pueden integrarse perfectamente con los sistemas de iluminación o de aire acondicionado.



Campo de aplicación

Desarrollados para resolver los problemas acústicos en recintos tan diversos como gimnasios, patios escolares, clubes, galpones industriales, piscinas y shoppings; resultan la solución ideal para los casos de tratamientos en espacios con techos parabólicos.

Esquemas de instalación



Ventajas y beneficios

Los Baffles BEL® fonoabsorbentes se presentan con una terminación en foil impermeable blanco, sellado en todo su contorno.

Colores especiales disponibles, a pedido, ofrecen la posibilidad de crear soluciones estéticas sumamente interesantes.

Los materiales han sido seleccionados para un fácil mantenimiento en el uso.

Para los montajes de los Baffles BEL® fonoabsorbentes se dispone de una línea completa de accesorios para satisfacer cualquier requerimiento de colgado y sujeción: hojales, estribos, reguladores, tensores, ganchos, etc.

Comercializadora Sonoflex Chile SpA.
Av. Club Hípico 4676, Oficina 843, Pedro Aguirre Cerda, Santiago - Chile

+56 9 9949 7071

@sonoflexchile

www.sonoflex.cl



FICHA DE PRODUCTO

CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN

EDIFICIO SUSTENTABLE (CES®)

www.portalverdechilegbc.cl



Luis Carrasco
Jefe Área Técnica
Dirección: Agustinas 1357, piso 10 - Santiago, Chile
Teléfono: 6003962000
email: lcarrasco@volcan.cl
<http://www.volcan.cl>
Abril 2020

TIPO DE PRODUCTO

LANA MINERAL AISLAN

Lana mineral fabricada mediante fusión, en un horno de cubilote, compuesta de una mezcla de distintos materiales, a una temperatura aproximada de 1500°C. Aislante térmico y absorbente acústico, constituido por fibras minerales blancas extrafinas, que se aglomeran para formar colchonetas, frazadas, bloques y caños premoldados, que fijan en su interior aire quieto.

Usos

Aislante térmico para el aprovechamiento de energía en procesos industriales, aislación térmica de viviendas, edificación comercial, servicios y como absorbente del sonido en acondicionamiento acústico ambiental.

Características

- Aislación térmica: Baja conductividad térmica de 0,030 a 0,043 W/m²K a 20 °C.
- Absorbente acústico: Debido a su superficie rugosa y porosa, contribuyendo al acondicionamiento acústico ambiental, debido a la supresión de la reverberación de sonidos.
- Inalterabilidad: No pierde sus características físicas con el paso del tiempo, es imputrescible, químicamente neutra, inodora, no corrosiva e insoluble en agua. No conduce electricidad y no contiene azufre, álcalis, ni cloro (inferior a 100 ppm).
- Incombustible.

PRODUCTOS

COLCHONETA LIBRE

Panel flexible sin revestimiento, de fácil instalación debido a su gran flexibilidad. Conformado con lana mineral, de dimensiones predeterminadas y de baja densidad.



Usos

En edificaciones habitacionales, como aislante térmico y absorbente acústico en losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de despacho
Colchoneta Libre	40	0,5	1,2	m²
	50	0,5	1,2	m²
	60*	0,5	1,2	m²
	80	0,5	1,2	m²
	100*	0,5	1,2	m²

(*) A pedido.

Propiedades Colchoneta Libre espesor 40mm.

Resistencia Térmica (R): 0,94 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 1,06 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 50mm.

Resistencia Térmica (R): 1,22 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,82 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 60mm.

Resistencia Térmica (R): 1,43 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,70 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 80mm.

Resistencia Térmica (R): 1,9 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,53 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 100mm.

Resistencia Térmica (R): 2,38 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,42 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

COLCHONETA PAPEL UNA CARA

Panel flexible con una lámina de papel kraft impermeabilizado adherida en una de sus caras, actuando como barrera de vapor, que evita condensaciones de superficie.



Usos

Como aislación térmica y acústica en losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en ambientes húmedos.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de despacho
Colchoneta Papel 1 cara	40	0,5	1,2	m²
	50	0,5	1,2	m²
	60*	0,5	1,2	m²
	80	0,5	1,2	m²
	100*	0,5	1,2	m²

(*) A pedido.

Propiedades Colchoneta Libre espesor 40mm.

Resistencia Térmica (R): 0,94 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 1,06 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 50mm.

Resistencia Térmica (R): 1,22 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,82 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 60mm.

Resistencia Térmica (R): 1,43 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,70 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Libre espesor 80mm.

Resistencia Térmica (R): 1,9 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,53 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

ASPECTOS TEMÁTICOS:

OFICINAS Y SERVICIOS
EDUCACIÓN Y SALUD



REQUERIMIENTO
OBLIGATORIO



REQUERIMIENTO
VOLUNTARIO



NOTAS: Esta Ficha fue elaborada con el fin de identificar el perfil del producto o sistema para su aplicación en proyectos que busquen la Certificación CES.

Ficha válida únicamente si se encuentra disponible para descarga en www.portalverdechilegbc.cl

Los requerimientos obligatorios y voluntarios, se consiguen en base a una sumatoria de estrategias, materiales y servicios, dependiendo de los requerimientos específicos de cada uno de ellos. La información contenida en esta ficha es referencial y deberá corroborarse con el proveedor, al cual también se le deberá solicitar los documentos e información específicos para su proyecto.

info@chilegbc.cl
contacto@certificacionsustentable.cl



FICHA DE PRODUCTO
CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN
EDIFICIO SUSTENTABLE (CES®)
www.portal.verdechilegbc.cl



Luis Carrasco
Jefe Área Técnica
Dirección: Agustinas 1357, piso 10 - Santiago, Chile
Teléfono: 800 399 2000

email: lcarrasco@volcan.cl
<http://www.volcan.cl>

Abril 2020

Propiedades Colchoneta Libre espesor 100mm.
Resistencia Térmica (R): 2,36 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,42 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,040 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

COLCHONETA PAPEL DOS CARAS

Panel flexible compuesto de colchoneta de fibras minerales, con láminas de papel kraft adheridas en ambas caras. Sólo una de estas láminas es papel impermeabilizado, la cual actúa como barrera de vapor evitando condensaciones de superficie, la otra cara es de papel kraft para aportar mayor resistencia mecánica a la colchoneta y facilitar su manipulación.



Usos

Aislación térmica y acústica de losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en ambientes húmedos.

Presentación

Tipo	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Unidad de despacho
Colchoneta Papel 2 caras	50	0,5	1,2	m²
	80	0,5	1,2	m²

Propiedades Colchoneta Papel dos caras espesor 50mm.
Resistencia Térmica (R): 1,19 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,84 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,041 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Propiedades Colchoneta Papel dos caras espesor 80mm.
Resistencia Térmica (R): 1,90 (m²K/W)
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 0,53 (W/m² K)
Conductividad Térmica (λ): 0,041 (W/mK), de acuerdo a certificado 711901 de IDIEM

Las indicaciones de uso entregadas por Volcán están basadas en su experiencia y conocimiento. Los productos funcionarán siempre que se cumplan las condiciones de almacenamiento, manipulación y aplicación entregadas por el fabricante. Por lo tanto, Volcán no se hace responsable del mal funcionamiento de sus productos debido a su uso bajo condiciones diferentes a las indicadas en las instrucciones.

Para información técnica de instalación, almacenamiento, fichas de seguridad, certificaciones, etc de cada producto consulte al proveedor en www.volcan.cl o asistencia técnica 800 399 2000.

DESCRIPCIÓN

Volcán es una empresa líder en soluciones constructivas que generan habitabilidad, confort, eficiencia y sostenibilidad. Su propósito es hacer posible un mejor estándar de vida para las personas, en cada espacio donde habitamos, en esta y las próximas generaciones.

El portafolio de soluciones constructivas Volcán está conformado por: soluciones para fachadas y divisiones interiores, como Volcantis para distintos usos, Volcoglass, fibrocementos Siding y Volcarboard Deck y lapas de registro, soluciones para techumbres y climatización, como tejas asfálticas, membranas, filtros y ductos, soluciones para aislamiento térmico, absorción acústica y eficiencia energética, como lana de vidrio Aislarglass, lana mineral Aislán, Sonoglass y Rigitone, soluciones para terminaciones perfectas como Yesos Volcán manuales y proyectados, masillas, compuestos, hinchas, esquineros Levelline, Volcastic, Volcabond y Herramientas Pro y soluciones para protección pasiva al fuego como compartimentación, sellos de pasada y protección de estructuras metálicas. Adicionalmente, Volcán ofrece servicios de asesoría técnica que responden a las diversas necesidades de sus clientes.

Así también, la gestión ambiental responsable, cuidadosa del entorno y de los recursos naturales, constituyen una prioridad estratégica para Volcán. Por este motivo, el año 2014 crean el área de "Sostenibilidad" encargada de registrar, controlar y aprender de todos los incidentes que implican impactos ambientales, además de crear y consolidar el programa transversal "Volcán Sustentable", compuesto por pilares que se estructuran de acuerdo a todos los ámbitos de gestión ambiental, con el objetivo de configurar una gestión sostenible de residuos, emisiones, uso de la energía, uso del recurso hídrico, niveles de ruido, control de aguas lluvias, entre otros temas para lograr, anualmente, un desempeño ambiental responsable con el entorno.

Actualmente, Volcán cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la Norma ISO 9001:2015 (https://www.volcan.cl/systemfiles/iso_9001.pdf), Sistema de Gestión Ambiental conforme con la Norma ISO 14001:2015 (https://www.volcan.cl/systemfiles/iso_14001.pdf) y con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS 18001:2007 (https://www.volcan.cl/systemfiles/ohsas_18001.pdf).



Además, desde el 2016 Volcán ha desarrollado su Reporte de Sostenibilidad, donde se han abordado las prioridades estratégicas sostenibles de la organización, tales como el análisis de sus buenas prácticas e investigación a grupos de interés internos y externos. Este documento se desarrolla en base a los lineamientos entregados por Global Reporting Initiative (GRI) en su más reciente versión.



Este reporte representa el inicio de una nueva era en Volcán, donde ya no tan solo existe preocupación por dar solución a los problemas de sus clientes, sino que también existe una preocupación por todo nuestro entorno y sus comunidades. La última versión del Reporte de Sostenibilidad, así como los anteriores, se encuentran disponibles para descarga en: <https://www.volcan.cl/informe-de-sostenibilidad>

ASPECTOS TEMÁTICOS						
- OFICINAS Y SERVICIOS - EDUCACIÓN Y SALUD		REQUERIMIENTO OBLIGATORIO		REQUERIMIENTO VOLUNTARIO	 Green Building Council	 CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE
NOTAS: Esta Ficha fue elaborada con el fin de identificar el aporte del producto o sistema para su aplicación en proyectos que buscan la Certificación CES.		Los requerimientos obligatorios y voluntarios, se consiguen en base a una sumatoria de estrategias, materiales y servicios, dependiendo de los requerimientos específicos de cada uno de ellos. La información contenida en esta ficha es referencial y deberá corroborarse con el proveedor, al cual también se le deberá solicitar los documentos e información específicos para su proyecto.				
Ficha validada únicamente si se encuentra disponible para descarga en www.portal.verdechilegbc.cl		info@chilegbc.cl contacto@certificacionsustentable.cl				



FICHA DE PRODUCTO
CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN
EDIFICIO SUSTENTABLE (CES®)
www.portal.verdechilegbc.cl



Luis Carrasco
Jefe Área Técnica
Dirección: Agustinas 1357, piso 10 - Santiago, Chile
Teléfono: 8003992000
email: lcarrasco@volcan.cl
<http://www.volcan.cl>
Abril 2020

ARQUITECTURA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR



CONFORT ACÚSTICO: AISLACIÓN
ACÚSTICA MINIMA DE FACHADAS
EXTERIORES

ARQ.
CAI 4R
Obligatorio

La lana mineral Aislán (Colchoneta Libre, Colchoneta Papel una cara y Colchoneta Papel dos caras) de Volcán, pueden contribuir al cumplimiento de los requerimientos obligatorios, como material aislante parte de la solución constructiva para fachadas y elementos de fachada, permitiendo limitar el traspaso de ruido exterior, otorgando confort acústico a los ocupantes del edificio.

Condiciones de evaluación:
Opción 1: Evaluación prescriptiva. El aislamiento acústico de los materiales utilizados, se obtendrá en base al Cálculo indicado en la NCh3307.2013 (parte3), del listado de Soluciones del MINVU y o tablas de aislamiento de materiales indicadas en el Apéndice 7.

Opción 2: Evaluación prestacional. Mediante cálculo por programa informático especializado, informe de ensayo o informe de inspección de los materiales de construcción de acuerdo a lo indicado en el Apéndice 7.



CONFORT ACÚSTICO: AISLAMIENTO
ACÚSTICO

ARQ.
CAI 4.1
3 pts. posibles*

*5,0 puntos edificios educación y salud

La lana mineral Aislán (Colchoneta Libre, Colchoneta Papel una cara y Colchoneta Papel dos caras) de Volcán, cuentan con propiedades de aislación acústica que les permiten contribuir al cumplimiento de los requerimientos tanto de aislación acústica exterior como entre recintos, al ser parte de soluciones constructivas diseñadas acorde a los requerimientos. Para mayor información del comportamiento acústico de las soluciones constructivas Volcán, revisar el Listado de soluciones en <https://www.volcan.cl/listado-de-soluciones-constructivas-volcan>

Condiciones de evaluación:
Opción 1: Evaluación prescriptiva. El aislamiento acústico de las soluciones constructivas utilizadas, se obtendrá en base al Cálculo indicado en la NCh3307.2013 (parte3), modelación de índice de reducción acústica mediante software (INSUL), ensaye realizado por Laboratorio acreditado, del listado de Soluciones del MINVU y o tablas de aislación de materiales indicadas en el Apéndice 7.

Opción 2: Evaluación prestacional. Mediante cálculo por programa informático especializado, informe de ensayo o informe de inspección de los materiales de construcción de acuerdo a lo indicado en el Apéndice 7.



CONFORT TÉRMICO PASIVO

ARQ.
CAI 1
16 pts. posibles*

*10,0 puntos edificios educación y salud

La lana mineral Aislán (Colchoneta Libre, Colchoneta Papel una cara y Colchoneta Papel dos caras) de Volcán, pueden contribuir al cumplimiento de los requerimientos voluntarios, en conjunto con otras estrategias del control pasivas, ya que al ser soluciones de aislación para fachadas, pisos y cubiertas con un buen coeficiente de transmitancia térmica, permiten controlar las condiciones térmicas al interior de los recintos, minimizando las pérdidas de calor en el invierno y reduciendo la ganancia de calor en verano, lo que contribuye a disminuir el período de tiempo en el cual los usuarios se encuentran fuera del rango de confort térmico.

Colchoneta Libre	
Coefficiente de Transmitancia térmica (40mm)	U = 1,06 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (50mm)	U = 0,82 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (60mm)	U = 0,70 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (80mm)	U = 0,53 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (100mm)	U = 0,42 W/m²K

Colchoneta Papel una cara	
Coefficiente de Transmitancia térmica (40mm)	U = 1,06 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (50mm)	U = 0,82 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (60mm)	U = 0,70 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (80mm)	U = 0,53 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (100mm)	U = 0,42 W/m²K

Colchoneta Papel dos caras	
Coefficiente de Transmitancia térmica (50mm)	U = 0,82 W/m²K
Coefficiente de Transmitancia térmica (80mm)	U = 0,53 W/m²K

Este requerimiento establece que, ya sea a través de los Métodos Prestacional o Prescriptivo, se deberá demostrar una reducción en la demanda anual de energía [kWh/m²] en climatización e iluminación según lo indicado en el Manual de Evaluación y Calificación del Sistema Nacional de Certificación CES y resumido en la Sección "Indicadores y Definiciones de las Variables" en la presente ficha.

Nota: La lana mineral Aislán (Colchoneta Libre, Colchoneta Papel una cara y Colchoneta Papel dos caras) de Volcán, no contribuyen por sí solos al cumplimiento del requerimiento voluntario, el proyecto debe además cumplir con los requerimientos obligatorios establecidos en SR. "Transmitancia térmica de la envolvente y Factor Solar modificado".

*Solicite al proveedor la información técnica adicional del comportamiento térmico de lanas minerales de Volcán.

ASPECTOS TEMÁTICOS:

- OFICINAS Y SERVICIOS
- EDUCACIÓN Y SALUD



REQUERIMIENTO
OBLIGATORIO



REQUERIMIENTO
VOLUNTARIO



NOTA: Esta Ficha fue elaborada con el fin de identificar el aporte del producto a sistema para la certificación en proyectos que buscan la Certificación CES.
Ficha válida únicamente si se encuentra disponible para descarga en www.portal.verdechilegbc.cl

Los requerimientos obligatorios y voluntarios, se consiguen en base a una sumatoria de estrategias, materiales y servicios, dependiendo de los requerimientos específicos de cada uno de ellos. La información contenida en esta ficha es referencial y deberá corroborarse con el proveedor, al cual también se le deberá solicitar los documentos e información específicos para su proyecto.

info@chilegbc.cl
contacto@certificacionsustentable.cl

ANEXO D: CERTIFICADO SONOMETRO

Certificado de Calibración Sonómetro



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: SON20230062

LCA – Laboratorio de Calibración Acústica.

Página 1 de 7 páginas

DATOS DEL SONÓMETRO

FABRICANTE SONÓMETRO

: LARSON & DAVIS

MODELO SONÓMETRO

: 831

NÚMERO SERIE SONÓMETRO

: 0003664

MARCA MICRÓFONO

: PCB PIEZOTRONIC

MODELO MICRÓFONO

: 377B20

NÚMERO SERIE MICRÓFONO

: 141176

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE

: ABI INGENIERÍA ACÚSTICA LIMITADA

DIRECCIÓN

: CALLE SIETE N°50 ALTO MARAÑON, VIÑA DEL MAR, REGIÓN DE VALPARAISO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN

: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP

FECHA RECEPCIÓN

: 11/07/2023

FECHA CALIBRACIÓN

: 12/07/2023

FECHA EMISIÓN INFORME

: 12/07/2023

Mauricio Sánchez Valenzuela

Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo.

Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile

Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile.

Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.

www.ispchi.cl

- CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:
T = 21,1 °C P = 95,8 kPa H.R. = 47,9 %
- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:
ME-512.03-001 Calibración de Sonómetros Según Norma Técnica IEC 61672-3:2006 de Sonómetros.
- ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en la Norma IEC 61672-3:2006 de Sonómetros. Dichas tolerancias son las indicadas para un grado de precisión del instrumento Clase 1.
- INCERTIDUMBRE
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Apartado de la especificación metrológica (Ref. IEC 61672-3:2006)		Resultado
Indicación a la frecuencia de comprobación de la calibración (Apartado 9)		POSITIVO
Ruido intrínseco (Apartado 10)	Micrófono Instalado	N/A
	Dispositivo de entrada eléctrica	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales acústicas (Apartado 11)	Ponderación frecuencial A	N/A
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales eléctricas (Apartado 12)	Ponderación frecuencial A	POSITIVO
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
	Ponderación frecuencial lineal	N/A
	Ponderación frecuencial Z	POSITIVO
Ponderaciones temporales y frecuenciales a 1 kHz (Apartado 13)	Ponderaciones frecuenciales	POSITIVO
	Ponderaciones temporales	POSITIVO
Linealidad de nivel en el margen de nivel de referencia (Apartado 14)		POSITIVO
Linealidad de nivel incluyendo el selector de márgenes de nivel (Apartado 15)		N/A
Respuesta a tren de ondas (Apartado 16)	Ponderación temporal Fast	POSITIVO
	Ponderación temporal Slow	POSITIVO
	Nivel promediado en el tiempo	POSITIVO
Nivel de sonido con ponderación C de pico (Apartado 17)		POSITIVO
Indicación de sobrecarga (Apartado 18)		POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

- PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:
Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de Laboratorios nacionales acreditados por el INN o por Laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Generador Multifrecuencia	BRUEL & KJAER	4226	2692339	20LAC20652F01	LACAINAC
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	09040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FHA646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile.
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.
www.ispchi.cl

INDICACIÓN A LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Ajustado	Nivel Leído- (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
113.99	1000	0	0	NO	114.26	113.99	0.27	0.20	1.1	-1.1
113.99	1000	0	0	SI	114.06	113.99	0.07	0.20	1.1	-1.1

RUIDO INTRÍNSECO

Dispositivo de Entrada Eléctrica

Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	U (dB)	Especificación Fabricante (dB)
A	13.60	0.058	24.00
C	15.40	0.058	25.00
Z	23.50	0.058	32.00

PONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
114.03	63	-0.8	0	113.26	113.20	0.06	0.23	1.5	-1.5
114.00	125	-0.2	0	113.86	113.77	0.09	0.23	1.5	-1.5
113.98	250	0	0	114.01	113.95	0.06	0.26	1.4	-1.4
113.97	500	0	0	114.01	113.94	0.07	0.26	1.4	-1.4
113.99	1000	0	0	113.96	-	-	-	-	-
113.97	2000	-0.2	0.1	113.86	113.64	0.22	0.23	1.6	-1.6
113.89	4000	-0.8	0.5	113.11	112.56	0.55	0.26	1.6	-1.6
114.01	8000	-3	1.6	110.81	109.38	1.43	0.63	2.1	-3.1
113.97	12500	-6.2	3.7	106.00	104.04	1.96	0.24	3	-6

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

PONDERACIÓN FRECUENCIAL

Ponderación Frecuencial A

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
121.20	63	-26.2	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
111.10	125	-16.1	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
103.60	250	-8.6	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
98.20	500	-3.2	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
95.00	1000	0	0	95.00	-	-	-	-	-
93.80	2000	1.2	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
94.00	4000	1	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
96.10	8000	-1.1	0	95.00	95.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
101.60	16000	-6.6	0	95.10	95.00	0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
95.80	63	-0.8	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
95.20	125	-0.2	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
95.00	250	0	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
95.00	500	0	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
95.00	1000	0	0	95.00	-	-	-	-	-
95.20	2000	-0.2	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
95.80	4000	-0.8	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
98.00	8000	-3	0	95.00	95.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
103.50	16000	-8.5	0	95.00	95.00	0.00	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial Z

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
95.00	63	0	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
95.00	125	0	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
95.00	250	0	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
95.00	500	0	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
95.00	1000	0	0	95.00	-	-	-	-	-
95.00	2000	0	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
95.00	4000	0	0	95.00	95.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
95.00	8000	0	0	95.00	95.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
95.00	16000	0	0	94.90	95.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

LINEALIDAD

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
142.10	8000	OVERLOAD	141.00	-	-	1.1	-1.1
141.10	8000	140.00	140.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
140.10	8000	139.00	139.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
139.10	8000	138.00	138.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
138.10	8000	137.00	137.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
137.10	8000	136.00	136.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
136.10	8000	135.00	135.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
135.10	8000	134.00	134.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
130.10	8000	129.00	129.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
125.10	8000	124.00	124.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
120.10	8000	119.00	119.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
115.10	8000	114.00	-	-	-	-	-
110.10	8000	109.00	109.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
105.10	8000	104.00	104.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
100.10	8000	99.00	99.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.10	8000	94.00	94.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
90.10	8000	89.00	89.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
85.10	8000	84.00	84.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
80.10	8000	79.00	79.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
75.10	8000	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
70.10	8000	69.00	69.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
65.10	8000	64.00	64.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
60.10	8000	59.00	59.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
55.10	8000	54.00	54.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
50.10	8000	49.00	49.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
45.10	8000	44.00	44.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
40.10	8000	39.00	39.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
35.10	8000	34.00	34.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
34.10	8000	33.10	33.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
33.10	8000	32.10	32.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
32.10	8000	31.10	31.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
31.10	8000	30.10	30.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
30.10	8000	29.10	29.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
29.10	8000	28.20	28.00	0.20	0.14	1.1	-1.1
28.10	8000	27.20	27.00	0.20	0.14	1.1	-1.1
27.10	8000	UNDER-RANGE	26.00	-	-	1.1	-1.1

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

DIFERENCIA DE INDICACIÓN

Ponderaciones Temporales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Temporal	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
114.00	1000	NPS Fast	114.00	-	-	-	-	-
114.00	1000	NPS Slow	114.00	114.00	0.00	0.082	0.3	-0.3
114.00	1000	Leq	114.00	114.00	0.00	0.082	0.3	-0.3

Ponderaciones Frecuenciales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
114.00	1000	A	114.00	-	-	-	-	-
114.00	1000	C	114.00	114.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
114.00	1000	Z	114.00	114.00	0.00	0.082	0.4	-0.4

RESPUESTA A TREN DE ONDAS

Ponderación temporal Fast

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
136.00	4000.00	-	-	137.00	-	-	-	-	-
136.00	4000.00	200	0.125	135.90	136.02	-0.12	0.082	0.8	-0.8
136.00	4000.00	2	0.125	118.50	119.01	-0.51	0.082	1.3	-1.8
136.00	4000.00	0.25	0.125	109.50	110.01	-0.51	0.082	1.3	-3.3

Ponderación temporal Slow

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
136.00	4000.00	-	-	137.00	-	-	-	-	-
136.00	4000.00	200	1	129.40	129.58	-0.18	0.082	0.8	-0.8
136.00	4000.00	2	1	109.80	110.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Nivel promediado en el tiempo

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
136.00	4000.00	-	137.00	-	-	-	-	-
136.00	4000.00	200	129.90	130.01	-0.11	0.082	0.8	-0.8
136.00	4000.00	2	109.90	110.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
136.00	4000.00	0.25	100.80	100.98	-0.18	0.082	1.3	-3.3

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

NIVEL DE SONIDO CON PONDERACIÓN C DE PICO

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Número de Ciclos	Lcpeak-Lc	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
138.00	8000	-	-	134.90	-	-	-	-	-
135.00	500	-	-	135.00	-	-	-	-	-
138.00	8000	Uno	3.4	137.60	138.30	-0.70	0.082	2.4	-2.4
135.00	500	Semiciclo positivo	2.4	137.20	137.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4
135.00	500	Semiciclo negativo	2.4	137.20	137.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4

INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Margen Superior (dB)	Frecuencia (Hz)	Señal de Entrada	Nivel Sobrecarga (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
140	4000	Semiciclo positivo	145.20	-	-	-	-	-
140	4000	Semiciclo negativo	145.20	145.20	0.00	0.14	1.8	-1.8

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Certificado de Calibración del Calibrador



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20230056

LCA – Laboratorio de Calibración Acústica.

Página 1 de 1 páginas (más un anexo de 2 hojas)

DATOS DEL CALIBRADOR

FABRICANTE CALIBRADOR

: LARSON DAVIS

MODELO

: CAL200

NÚMERO DE SERIE

: 11361

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE

: ABI INGENIERÍA ACÚSTICA LIMITADA

DIRECCIÓN

: CALLE SIETE N°50 ALTO MARAÑÓN, VIÑA DEL MAR, REGIÓN DE VALPARAISO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN

: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP

FECHA RECEPCIÓN

: 11/07/2023

FECHA CALIBRACIÓN

: 12/07/2023

FECHA EMISIÓN INFORME

: 12/07/2023

Mauricio Sánchez Valenzuela

Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo.

Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.

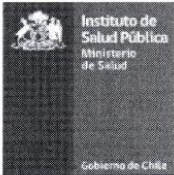
Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile

Marathon 1000 – Ñuñoa – Santiago – Chile.

Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.

www.ispch.cl

108



- CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:
T = 21.7 °C P = 95.1 kPa H.R. = 44.1 %
- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:
ME 512 03 002 Calibración de Calibradores Acústicos Según Norma Técnica UNE-EN 60942:2005.
- ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 1.
- INCERTIDUMBRE:
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.
- RESUMEN DE RESULTADOS:

Apartados de la especificación metrológica Norma UNE-EN 60942:2005	Prueba	Resultado
Niveles de presión acústica (Apartados 5.2.2 y 5.2.3 – Tabla 1)	Valor nominal	POSITIVO
	Estabilidad	POSITIVO
Distorsión total (Apartado 5.5 – Tabla 6)		POSITIVO
Frecuencia (Apartado 5.3.2 – Tabla 3)	Valor nominal	POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metrológica aplicada.
 - Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metrológica aplicada.
 - Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.
-
- PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN
Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de laboratorios nacionales acreditados por el INN o por laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	1247199	00294 LCPN ME 2021-04	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	9040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FH A646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK2100129	BRÜEL&KJAER